

**Melhoria da Qualidade da Inspeção Visual e Análise das Rejeições
nos Produtos Lacados a Pó na
STA- Sociedade Transformadora de Alumínios**

Diana Eugénia de Macedo Soares

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Eng.º Hermenegildo Pereira

Orientador na STA: Eng.ª Cristina Dantas



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2013-01-28

Resumo

Num mercado global e competitivo é fundamental que as empresas valorizem a gestão da qualidade na organização, nos processos de negócio e nos produtos.

O conceito de qualidade associado à conformidade com as especificações do produto é o primeiro passo para garantir a satisfação do cliente. A garantia dessa qualidade através do controlo do produto final é tanto mais importante quanto menor for a capacidade do processo para assegurar as especificações do produto.

Este projeto englobou duas fases distintas, sendo que a primeira foi mais aprofundada.

O problema analisado na primeira fase consistiu na melhoria da qualidade da inspeção visual para defeitos estéticos nos produtos lacados, com o intuito de diminuir o envio de produtos de má qualidade e ao mesmo tempo não desperdiçar itens conformes.

Inicialmente foi avaliada a eficácia da inspeção visual, no caso concreto de peças que estão no limite da aceitação/rejeição. Foram apuradas as probabilidades de rejeitar itens conformes e de aceitar itens não conformes, e índices de repetibilidade e reprodutibilidade dos inspetores.

Posteriormente foram analisadas as causas de variabilidade do sistema de medição da inspeção.

Por fim, foi desenvolvido um Manual de Definições Operacionais para controlo visual das peças, para ser aplicado no chão de fábrica.

Tendo em vista a futura melhoria na qualidade da inspeção visual, tanto no Cliente como no Fornecedor, foi elaborado um plano de amostragem para inspeção no Cliente que garantisse a proteção adequada contra a rejeição de lotes de qualidade aceitável, que irá vigorar após a implementação do Manual de Definições Operacionais e validação da consequente melhoria da qualidade da inspeção.

A segunda fase consistiu na análise da rejeição do produto, com o estudo da estabilidade do processo e a investigação das causas dos defeitos.

O estudo sobre a rejeição das peças permitiu fazer um diagnóstico sobre o estado atual do processo produtivo da empresa, identificar algumas causas para as elevadas taxas de rejeição e propor soluções para a sua diminuição.

Quality Improvement of Visual Inspection and Analysis of Rejection in Lacquered Powder Products

Abstract

In a competitive global market it is essential that companies value the quality management in organization, business processes and products.

The concept of quality in compliance with the product's specifications is the first step to ensure customer satisfaction. The guarantee of quality through the control of the final product is so much more important as the lesser capacity of the process to meet product specifications.

This project involved two different stages, the first one being the most developed.

The problem analyzed in the first stage consisted in improving the quality of visual inspection for aesthetic defects in lacquered products, in order to decrease the delivery of poor quality products as well as do not waste good items.

Initially, it was measured the effectiveness of the visual inspection, concerning parts that are at the limit of acceptance/rejection. It was calculated the probabilities of rejecting conforming items and accepting nonconforming items, and rates of repeatability and reproducibility of the inspectors.

Then, it was analyzed the causes of variability in the measurement system of inspection.

Subsequently, it was drafted a Manual of Operational Definitions for visual inspection, to be applied on the shop floor.

With a view to future improvement in the quality of visual inspection, both at the Customer and the Supplier, it was designed a sampling plan for inspection, for the Customer, to guarantee proper protection against the rejection of lots of a quality that is acceptable, which will take effect after the implementation of the Manual of Operational Definitions and the validation of the improvement of inspection quality.

The second stage consisted in the analysis of the rejection product, studying the stability of the process and some causes for rejection.

The study on the rejection of the parts allowed to make a diagnosis of the current state of the company's production process, identify some causes for the high rejection rates, and propose solutions to its decline.

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas da STA que se mostraram sempre disponíveis para me ajudar na recolha de informações e obtenção de conhecimento, em particular á minha orientadora, Eng.^a Cristina Dantas, e ao Diretor Geral da STA, Robert Matthé.

Agradeço ao meu orientador da FEUP, Eng.º Hermenegildo Pereira, pela orientação prestada ao longo deste projeto.

Agradeço ao Eng.º Ricardo Paiva do INEGI, pela sua colaboração neste projeto.

A nível pessoal, agradeço ao João e ao Pedro.

Ao João Filipe

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da STA	1
1.2	Objetivo do Projeto.....	3
1.3	Organização da Dissertação	3
2	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1	Pintura Eletrostática	4
2.1.1	Pré- Tratamento.....	4
2.1.2	Revestimento	4
2.1.3	Polimerização	5
2.2	Controlo estatístico dos Processos -CEP.....	5
2.2.1	Diagrama de Pareto.....	5
2.2.2	Diagrama Causa-Efeito.....	5
2.2.3	Cartas de Controlo.....	6
2.2.3.1	Tipos de Carta de Controlo.....	8
2.2.4	Aplicação do CEP para Pequenos Lotes	9
2.3	Inspeção por Amostragem	10
2.4	Curva Caraterística Operacional- CCO.....	11
2.5	ISO 2859-1.....	12
2.6	Capacidade do Sistema de Medição.....	13
3	Qualidade da Inspeção	14
3.1	Análise do Sistema de Medição	15
3.1.1	Peças Avaliadas pela STA.....	15
3.1.2	Peças avaliadas pela Sobinco	20
3.2	Análise das Causas da Variabilidade do Sistema de Medição.....	21
3.3	Elaboração de um Manual de Definições Operacionais- Padrão Visual	24
3.3.1	Condições de Controlo	24
3.3.2	Método de Inspeção	24
3.3.3	Classificação dos Defeitos	24
3.4	Alteração da Variabilidade do Sistema de Medição	29
3.5	Inspeção no Cliente: metodologia de amostragem	29
4	Estudo das Rejeições na Lacagem.....	32
4.1	O Processo	32
4.1.1	Lacagem a Pó.....	33
4.1.1.1	Plaforização	33
4.1.1.2	Pintura	33
4.1.1.3	Polimerização	34
4.2	Análise Estatística do Processo	34
4.3	Análise das Causas de Rejeição.....	37
5	Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro	41
6	Referências	42
7	ANEXO A: Resultados das Peças Inspeccionadas	43

8	ANEXO B: Manual de Definições Operacionais	46
9	ANEXO C: Plano de Amostragem para Inspeção Severa	59
10	ANEXO D: Dados para Carta de Controlo	60
11	ANEXO E: Gráficos de Pareto para as peças críticas	61

Siglas

Ac Número de Aceitação

C *Constant*

CEP Controlo Estatístico de Processos

E *Experimental*

N *Noise*

STA Sociedade Transformadora de Alumínios

Re Número da Rejeição

CCO Curva Característica Operacional

Índice de Figuras

Ilustração 1: Exemplos de Produtos desenvolvidos na STA.....	1
Ilustração 2: Organograma da STA	2
Ilustração 3: <i>Layout</i> da Fábrica da STA.....	2
Ilustração 4: Esquema do processo de pintura [11].....	4
Ilustração 5: Exemplo de um diagrama de Pareto	5
Ilustração 6: Diagrama causa-efeito (Ishikawa)	6
Ilustração 7: Processo estável-causas comuns [3]	7
Ilustração 8: Processo instável-causas especiais [3]	7
Ilustração 9: Exemplo de uma Carta de Controlo [4]	8
Ilustração 10: Fluxograma-amostragem simples.....	10
Ilustração 11: Fluxograma-amostragem dupla	10
Ilustração 12 : Curva CCO ideal.....	11
Ilustração 13: Exemplo de uma curva CCO	12
Ilustração 14: Diagrama causa-efeito (Ishikawa)	22
Ilustração 15: Dobradiça	25
Ilustração 16: Manípulo de janela.....	25
Ilustração 17: Base.....	25
Ilustração 18: Manípulo de porta.....	25
Ilustração 19: Quantidade de peças aceites	26
Ilustração 20: Falta de tinta	27
Ilustração 21: Lixo	27
Ilustração 22: Poros	28
Ilustração 23: Mossa	28
Ilustração 24: Fluxograma do processo produtivo das peças lacadas na STA.....	32
Ilustração 25: Fluxograma do processo de pintura electroestática na STA	33
Ilustração 26: Pistola "Tribo"	34
Ilustração 27- Pistola "Corona"	34
Ilustração 28: Carta de controlo p padronizada.....	36
Ilustração 29: <i>Rack2</i>	36
Ilustração 30: <i>Rack1</i>	36
Ilustração 31: Pareto-MAN.30900-650.2.....	37
Ilustração 32: Diagrama causa-efeito (Lixo).....	38

Ilustração 33: Imagem de manípulo observada em microscópio eletrônico	39
Ilustração 34: Elementos químicos presentes na zona (Z1) assinalada	40

Índice de Tabelas

Tabela 1: Sondagem.....	14
Tabela 2: Quantidade e tipo de erro.....	15
Tabela 3: Capacidade da inspeção.....	16
Tabela 4: Regras de "Thumb"	17
Tabela 5: % Concordância ¹	18
Tabela 6: % Concordância vs. Atributo ²	19
Tabela 7: %Concordância-Total ³	20
Tabela 8: %Concordância-Total vs. Atributo ⁴	20
Tabela 9: Capacidade de Inspeção (Sobinco).....	21
Tabela 10: Resultados R&R	21
Tabela 11: Tipo e número de variáveis	29
Tabela 12: Plano de Amostragem Normal	30
Tabela 13: Risco do produtor	30
Tabela 14: Proporção de defeituosos estimado	35

1 Introdução

O aumento da competitividade empresarial a nível mundial exige que as empresas melhorem continuamente a qualidade dos seus produtos. Em Abril de 2006 a STA- Sociedade Transformadora de Alumínios, foi certificada pelo sistema de gestão da qualidade segundo a norma ISO 9001:2000, desde então procura a melhoria contínua, alcançando maior competitividade através da qualidade.

Este projeto insere-se na dissertação de Mestrado Integrado de Engenharia Mecânica, da opção Gestão da Produção, tendo como âmbito o estudo da qualidade da inspeção visual no sector da Lacagem da STA, bem como o estudo da rejeição dos produtos neste sector.

1.1 Apresentação da STA

A STA foi fundada em 1989 em parceria com o grupo belga Sobinco. No ano 2000 passou a ser exclusivamente uma empresa com capitais belgas, desenvolvendo-se e especializando-se na produção de sistemas e soluções para porta e janelas, com particular incidência em produtos de caixilharia de alumínio.

Representa a marca SOFI implementada no mercado nacional há mais de 40 anos.



Ilustração 1: Exemplos de Produtos desenvolvidos na STA

A STA e Sobinco apostam hoje fortemente numa cooperação estreita ao nível da Investigação e Desenvolvimento de novos produtos, partilhando os seus potenciais tecnológicos e industriais, maximizando assim o seu *know-how*. [1]

A STA localiza-se em Gueifães, no conselho da Maia, com uma área coberta de 6000m², uma equipa de 155 profissionais e está dividida em vários departamentos, identificados na Figura 1. Os departamentos mais relevantes para a realização deste projeto foram o Departamento da Qualidade e o Departamento da Produção (mais concretamente os Acabamentos Superficiais), destacados a azul na Ilustração 2.

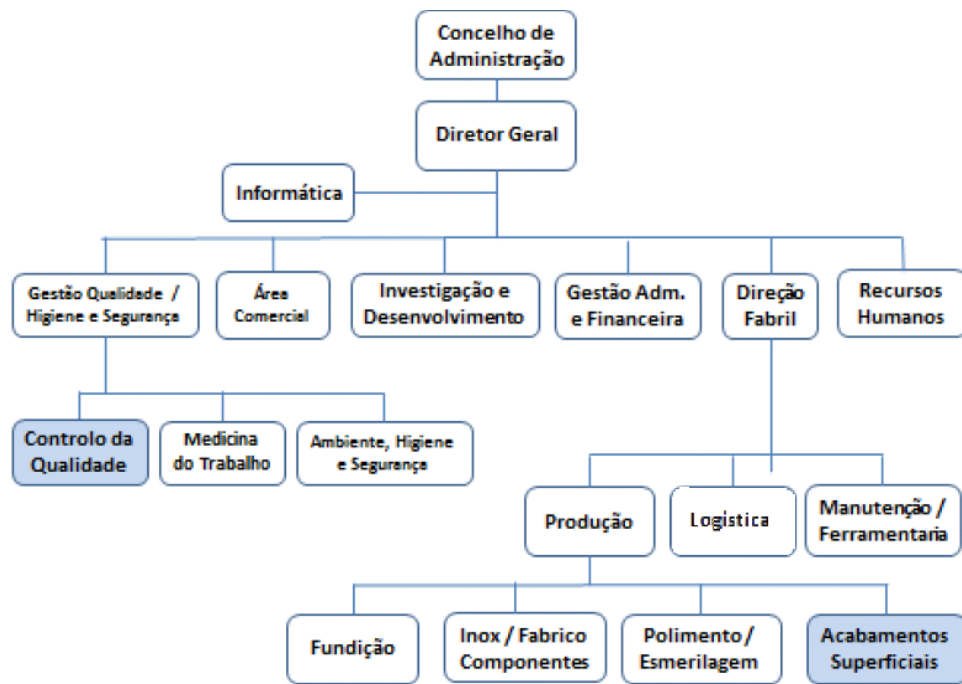


Ilustração 2: Organigrama da STA

A secção de pintura electrostática, onde se faz a inspeção visual aos produtos lacados, pode ser vista no *layout* da Fábrica, Ilustração 3.

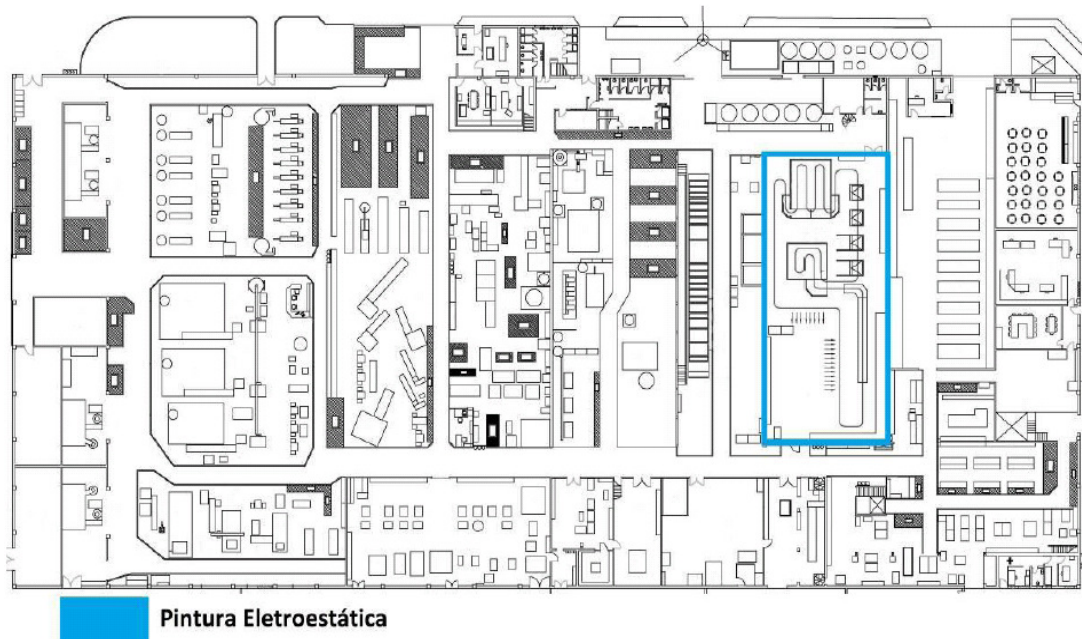


Ilustração 3: *Layout* da Fábrica da STA

1.2 Objetivo do Projeto

Na STA todas as peças lacadas são submetidas a uma inspeção visual antes de serem embaladas e posteriormente enviadas para o cliente final. Esta inspeção consiste analisar características estéticas do produto e avaliar se este é conforme (“peça boa”) ou não conforme (“peça má”). Este controlo a 100% é realizado, fora da linha de produção, por operadores designados inspetores¹.

Apesar deste controlo ao produto a 100% a STA recebe reclamações de lotes, sobretudo da Sobinco, (empresa da qual é subcontratada) o que sugere a ineficácia da inspeção realizada (partindo do pressuposto que o posterior embalamento e transporte não sejam fatores assinaláveis de degradação do produto); por outro lado, existe a suspeita que na inspeção também são rejeitadas “peças boas”.

Outro problema existente neste sector são as elevadas taxas de rejeição do produto, aferidas aquando a inspeção visual interna do produto.

O objetivo deste projeto consiste na melhoria do nível de qualidade da inspeção e na análise da rejeição do produto, e está dividido em duas fases descritas a seguir:

Fase I

- Analisar a qualidade da inspeção: aferir a probabilidade de enviar “peças más” ao cliente, a probabilidade de rejeitar, internamente, “peças boas” e determinar índices de reprodutibilidade e repetibilidade dos inspetores;
- Definir e Implementar ações para melhorar a qualidade da inspeção.

Fase II

- Analisar o processo produtivo e identificar as principais causas de rejeição do produto;
- Propor soluções para a diminuição da taxa de rejeição do produto.

Para compreender e melhorar um processo é necessário quantificar e reduzir a variabilidade do sistema de medição que lhe está associado, logo a *Fase I* deve, necessariamente, anteceder a *Fase II*.

1.3 Organização da Dissertação

A organização da dissertação procura refletir a sequência lógica e cronológica que acompanhou o desenvolvimento deste trabalho.

A *Fase I* é descrita no Capítulo 3 e a *Fase II* no Capítulo 4.

O Capítulo 2 apresenta os fundamentos teóricos que serviram de base ao trabalho desenvolvido.

No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões gerais relativas às *Etapas I e II*, e sugestões para trabalhos futuros.

¹ pessoas que estão envolvidas em tempo integral no trabalho de inspeção. [2]

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo expõem-se os fundamentos teóricos relativos aos temas abordados nesta dissertação, e que serviram de base para todo o trabalho desenvolvido.

2.1 Pintura Eletrostática

É um processo de acabamento a pó também designado por lacagem, de natureza electrostática, que tem como finalidade o revestimento de peças em ferro, alumínio, e outros metais com uma película de polímero termo-endurecível (pós de poliéster), para fins decorativos e de proteção.

2.1.1 Pré- Tratamento

É o processo de preparação da superfície das peças para aplicação do revestimento, que serve de proteção e decoração. O processo de preparação da superfície deve incluir 2 etapas:

- Limpeza da superfície: consiste em eliminar da superfície matérias estranhas como óleos, gorduras, matérias sólidas, óxidos, humidades, etc. O tipo de limpeza utilizado depende das exigências do acabamento final.
- Processo de conversão química: consiste em criar na superfície do metal uma camada de um composto perfeitamente aderente, com propriedades anticorrosivas que favorecem a boa aderência do revestimento orgânico. [6]

2.1.2 Revestimento

Na aplicação electrostática convencional a mistura pó/ar é transportada, a partir de um reservatório, até á ponta da pistola onde é carregada pelos eléctrodos que estão ligados a uma fonte de alta tensão. O pó carregado é então expelido por aplicação de uma corrente de ar seco. A nuvem carregada que se forma entre a pistola e a peça é composta por partículas de pó e iões livres. [13]

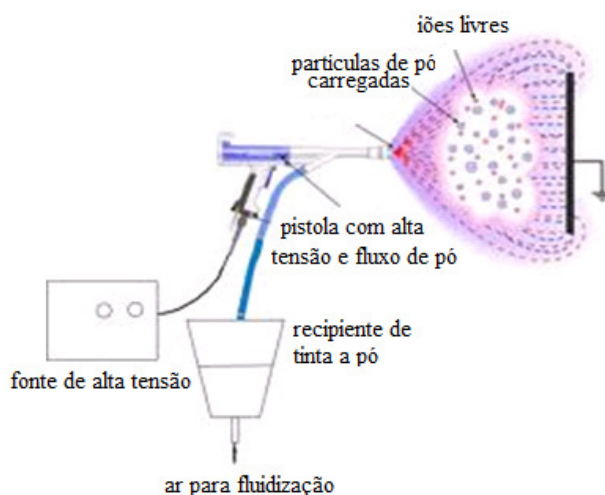


Ilustração 4: Esquema do processo de pintura [11]

2.1.3 Polimerização

O processo de secagem ou cura do revestimento na Lacagem é obtido pelo efeito de calor em estufas ou fornos. A polimerização tem a função de endurecer a película de revestimento, (pela transformação da tinta na superfície do metal num filme rígido, através da alteração molecular promovida pelas elevadas temperaturas) e conferir brilho e espessura uniforme às peças.

2.2 Controlo estatístico dos Processos -CEP

O CEP é um método usado para acompanhar, controlar e monitorizar um processo, baseando-se numa série de ferramentas e princípios fáceis de aplicar, de grande impacto e que podem ser utilizadas para qualquer tipo de processo.

2.2.1 Diagrama de Pareto

A análise de Pareto, também conhecida como regra dos 80/20, foi concebida por Vilfredo Pareto com o objetivo de descrever a distribuição de riqueza no seu país. O economista observou que uma grande concentração de riqueza (80%) estava distribuída apenas por uma pequena parte da população (20%). O diagrama de Pareto (Ilustração 5) é um histograma de distribuição da frequência de ocorrências, da maior para a menor, que permite identificar a contribuição de cada causa para a consequência (efeito) em análise.

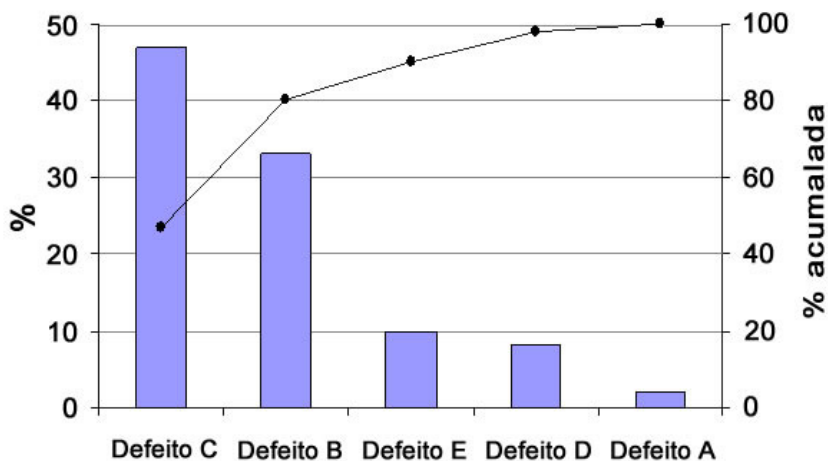


Ilustração 5: Exemplo de um diagrama de Pareto

2.2.2 Diagrama Causa-Efeito

O diagrama causa-efeito, ou diagrama de Ishikawa (nome do seu autor, Kaoru Ishikawa), é uma ferramenta importante do controlo do processo, bastante útil na identificação das várias causas de um efeito ou problema. Na sua estrutura convencional, as causas dos problemas podem ser alocadas a 6 fatores tipo do processo: método, medição, mão-de-obra, máquina e meio ambiente (Ilustração 6).

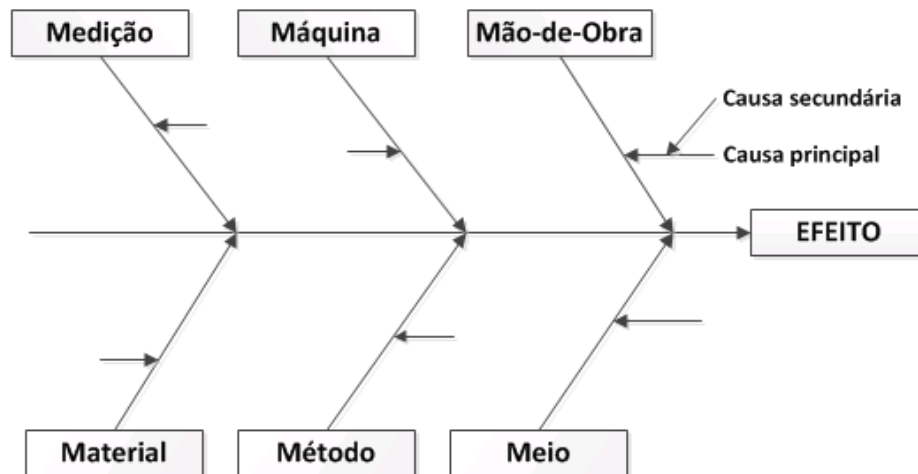


Ilustração 6: Diagrama causa-efeito (Ishikawa)

As variáveis de entrada (causas) de um diagrama causa-efeito devem também ser classificadas como C-Constant (Constantes), N-Noise (Ruidosas) ou X-Experimental (Experimentais):

- C= são aquelas variáveis que se devem manter constantes e que requerem procedimentos operacionais padronizados
- N= são as variáveis impossíveis ou muito difíceis de controlar
- X= estas variáveis devem ser testadas de forma a determinar qual o seu impacto no efeito final (no problema). [3]

2.2.3 Cartas de Controlo

Qualquer processo produtivo, independentemente de quão bem é concebido e monitorizado, tem sempre alguma variabilidade; dois produtos ou características nunca são iguais, pois qualquer processo contém várias fontes de variabilidade. O surgimento das cartas de controlo, desenvolvidas por Walter A. Shewhart, deu-se nos anos 20 acompanhando o crescimento da produção em massa. O propósito das cartas de controlo Shewhart é estabilizar e reduzir a variabilidade associada a processos de fabrico, ou a qualquer outro tipo de processos.

As causas de variabilidade de um processo podem ser de 2 tipos:

- Causas comuns: são causas aleatórias e independentes, inerentes aos processos; geralmente ocorrem em grande número e dificilmente se podem eliminar; os processos cujas causas de variação são apenas causas comuns, são processos cujas características em análise seguem uma certa distribuição de probabilidade, estável e previsível ao longo do tempo, ou seja, o processo está em controlo estatístico.
- Causas especiais (ou assinaláveis): não são inerentes aos processos, ocorrem ocasionalmente e os seus efeitos têm uma amplitude significativa; um processo sujeito a causas especiais de variação está no estado de descontrolo estatístico. Estas causas devem ser identificadas e eliminadas para que o processo volte ao estado de controlo.

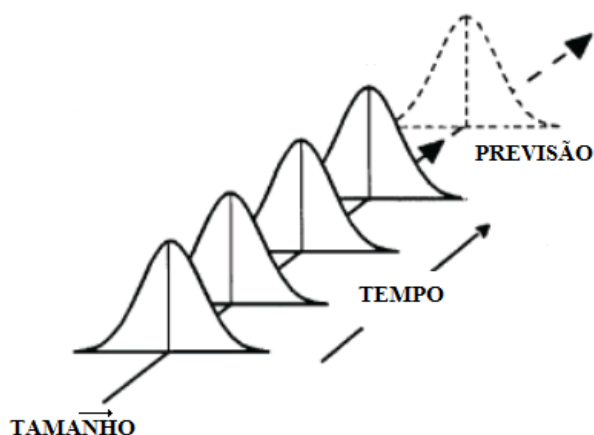


Ilustração 7: Processo estável-causas comuns [3]

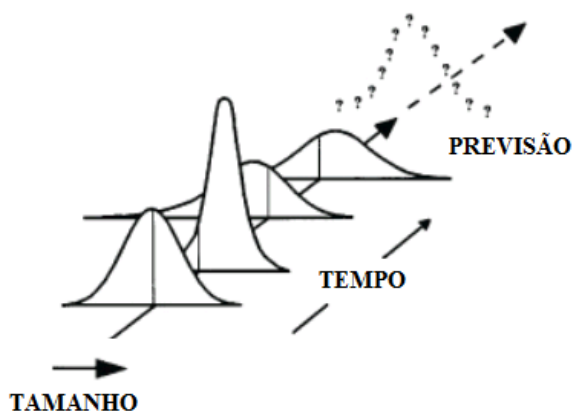


Ilustração 8: Processo instável-causas especiais [3]

A típica carta de controlo, Ilustração 9, é um gráfico que permite avaliar uma dada característica de qualidade medida. É composta por 3 linhas paralelas que definem o limite central (LC), o limite superior de controlo (LSC) e o limite inferior de controlo (LIC), calculadas com base na média e desvio padrão da distribuição da característica em análise, quando o processo atua sob causas comuns de variação.

Num processo estável e cujos parâmetros da distribuição da característica em análise são conhecidos, a probabilidade de se observarem valores no intervalo referido na eq1 é constante.

$$\mu \text{ (valor esperado)} \pm K * \sigma \text{ (desvio padrão)} \quad \text{eq.1}$$

Nas cartas de controlo $K=3$ e a probabilidade de se observarem valores no intervalo $\mu \pm 3\sigma$ é 99.73% (área da distribuição Normal). Os limites de controlo desenvolvidos por Shewhart são portanto:

$$LIC = \mu - 3\sigma \quad \text{eq. 2}$$

$$LC = \mu \quad \text{eq. 3}$$

$$LSC = \mu + \sigma \quad \text{eq. 4}$$

Qualquer valor registado fora destes limites de controlo é sinal da presença de uma causa especial de variação.

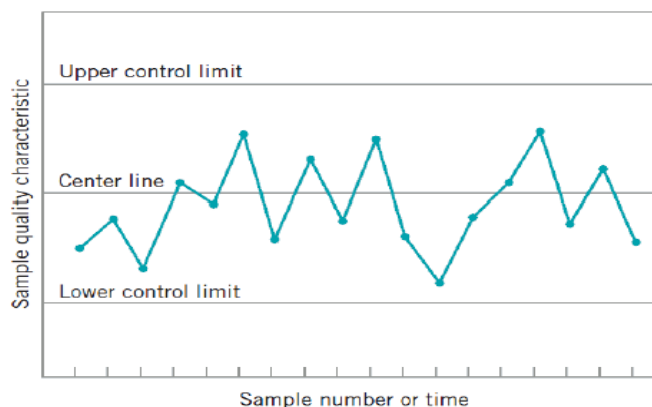


Ilustração 9: Exemplo de uma Carta de Controlo [4]

Antes de utilizar uma carta de controlo é necessário o conhecimento profundo do processo e das potenciais causas que afetam as características de qualidade. Só assim é possível efetuar uma amostragem criteriosa, para a construção da carta, e identificar as causas assinaláveis de variação. Após serem identificadas as causas especiais de variação estas devem ser eliminadas e os limites de controlo recalculados para a nova carta de controlo, que, em controlo estatístico, deverá ser usada para acompanhamento, vigilância e melhoria da capacidade do processo (capacidade do processo atender às especificações).

2.2.3.1 Tipos de Carta de Controlo

Existem vários tipos de carta de controlo, classificadas de acordo com o tipo de dados:

- Variáveis: conjunto de dados que podem ser medidos e expressos quantitativamente
- Atributos: conjunto de dados avaliados qualitativamente; só podem tomar dois valores (por exemplo, “conforme” e “não conforme”)

Cartas p

São as cartas usadas para a proporção de defeituosas, baseadas na distribuição Binomial. A variável aleatória só pode tomar dois valores: defeituosa ou não defeituosa.

Sendo p a proporção de defeituosos da amostra de dimensão n , a variável Y (número de defeituosos) segue uma distribuição Binomial com os parâmetros n e p , sendo o μ (valor esperado) $= np$ e σ (desvio padrão) $= \sqrt{np(1-p)}$.

Os limites de controlo para a carta p , com parâmetros conhecidos, são portanto:

$$LSC = p + 3 \cdot \sqrt{p \cdot (1 - p) / n} \quad \text{eq.5}$$

$$LC = p \quad \text{eq.6}$$

$$LIC = p - 3 \cdot \sqrt{p \cdot (1 - p) / n} \quad \text{eq.7}$$

Quando não existem dados históricos confiáveis, ou seja não se dispõe de um grande número de dados do passado em que o processo se manteve estável, p tem de ser estimado (eq8).

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^i y_i}{\sum_{i=1}^i n_i} = \frac{n^{\circ} \text{total de unidades defeituosas}}{n^{\circ} \text{total de unidades}} \quad \text{eq. 8}$$

2.2.4 Aplicação do CEP para Pequenos Lotes

O CEP tradicional é aplicado em processos com grande produção e para um único tipo de produto, onde os dados podem ser obtidos em grandes quantidades e num curto espaço de tempo. No entanto, existem situações em que o processo não é contínuo, pois são produzidos vários produtos no mesmo processo, com troca de produtos durante o processo de produção e, consequentemente, os lotes produzidos são de pequena dimensão. Ao mesmo tempo esta produção intermitente impossibilita a obtenção de amostras de dimensão constante. [5]

No caso de Atributos, pode ser usada uma carta de controlo de proporções padronizadas. Estas cartas têm a linha central em 0 e o limite superior e limite inferior em 3 e -3 respetivamente, como é explicado nas expressões seguintes.

Segundo o CEP convencional:

$$\bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}} < p < \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n}} \quad \leftrightarrow \quad \text{eq.9}$$

$$-3 < \frac{p - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n_i}}} < +3 \quad \text{eq. 10}$$

n : dimensão da amostra

\bar{p} : valor histórico da fração defeituosa para cada tipo de peça ou característica

n_i : dimensão da amostra i

p : fração defeituosa obtida

2.3 Inspeção por Amostragem

Na inspeção por amostragem são retirados aleatoriamente itens de um lote e, consoante o número de itens defeituosos na amostra ou número de defeitos, o lote é aceite ou rejeitado. É utilizada para garantir que a receção/expedição de produtos estão dentro das especificações.

Sendo a inspeção uma operação que acarreta custos e não acrescenta valor ao produto é fundamental esta seja bem definida e executada.

O tipo de amostragem pode ser simples, dupla ou múltipla. Tomando como exemplo a situação “número de itens defeituosos na amostra”, no plano simples é retirada uma amostra de dimensão n , do lote de tamanho N , e o lote é aceite se o número de itens defeituosos (d) for menor ou igual ao número de aceitação estabelecido (A_c), caso contrário o lote é rejeitado ($d \geq R_e$). No caso da amostragem dupla, dependendo dos valores apurados, um lote pode ser aceite ou rejeitado através da inspeção de apenas uma amostra, ou só ser aceite ou rejeitado após a inspeção de uma segunda amostra. A amostragem múltipla é uma extensão da amostragem dupla, onde uma única amostra pode ser suficiente, ou pelo menos mais do que duas amostras podem ser necessárias.



Ilustração 10: Fluxograma-amostragem simples

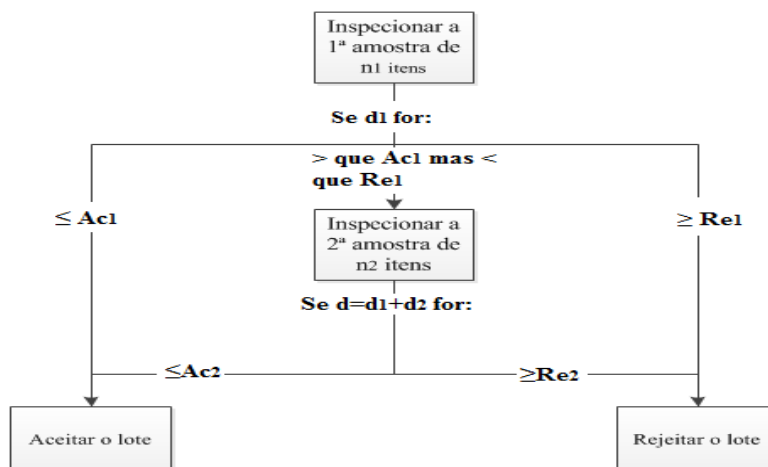


Ilustração 11: Fluxograma-amostragem dupla

Deve-se ter em conta vários fatores aquando a escolha do plano de amostragem adequado, entre os quais os custos administrativos, o número de itens a inspecionar, os riscos incorridos pelo produtor, etc.

2.4 Curva Caraterística Operacional- CCO

Para planos de amostragem por atributos, a curva característica operacional é uma curva que relaciona a percentagem de itens defeituosos num lote com a probabilidade de aceitação do lote.

A Ilustração 13 mostra uma curva CCO ideal, para o caso em que se devem aceitar lotes com uma percentagem de itens defeituosos de 2% ou menos, e rejeitar lotes com 2% ou mais de defeituosos.

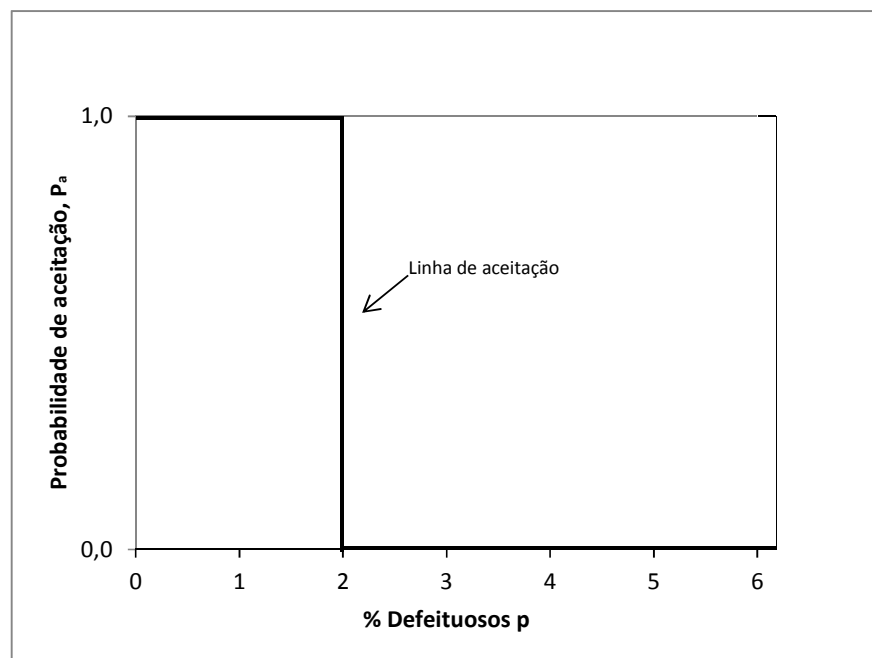


Ilustração 12 : Curva CCO ideal

Na realidade esta situação é uma pura idealização; não existem planos perfeitos, pois uma vez que apenas parte do lote é inspecionada há sempre riscos de se incorrer no erro de rejeitar um lote “bom” ou de aceitar um lote “mau”.

São expostos em seguida os conceitos essenciais á construção de uma curva CCO:

- Nível Aceitável de Qualidade (NAQ): nível de qualidade desejável; percentagem de itens defeituosos num lote considerada aceitável
- Tolerância de Lote (TL): limite máximo de percentagem de itens defeituosos num lote
- Risco do fornecedor (α): probabilidade de um lote com NAQ ser rejeitado
- Risco do cliente (β): probabilidade de um lote que exceda TL ser aceite

A ilustração seguinte mostra uma curva CCO, para um dado n (tamanho da amostra) e para um dado Ac (número de aceitação).

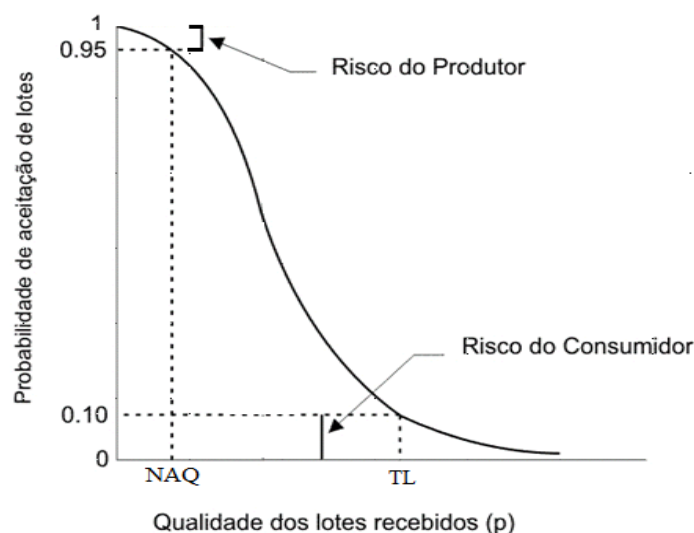


Ilustração 13: Exemplo de uma curva CCO

2.5 ISO 2859-1

Existem normas específicas para a realização dos planos de amostragem, como é o caso da norma ISO 2859, para atributos.

A norma ISO 2859-1 está projetada para garantir a proteção do Produtor (garantir elevada probabilidade de um lote NAQ ser aceite) e para lotes provenientes de uma população assumida como infinita e fabricados sob as mesmas condições de produção. [2]

Esta norma estabelece planos de amostragem em função do tamanho do lote e do NAQ, para diferentes níveis de inspeção, que fixam a relação entre o tamanho do lote e o tamanho da amostra: nível *I*, *II*, *III*, *S1*, *S2*, *S3* ou *S4*. Geralmente usa-se o nível de inspeção *II*; no nível *I* a dimensão da amostra é menor, mas o risco β é maior; no nível *III* consegue-se obter riscos α mais baixos á custa do aumento da dimensão da amostra. Os níveis especiais *S1*, *S2*, *S3* e *S4* devem ser usados quando se pretende tamanhos de amostra reduzidos e onde possam ser tolerados elevados riscos de amostragem.

Quanto ao grau do critério de aceitação (Ac), o regime de inspeção pode ser severo, normal ou atenuado. Deve iniciar-se com a inspeção normal e alterar entre os regimes normal, severo e atenuado, segundo o sistema de comutação da norma.

Para além do nível e regime de inspeção a norma enquadra também o tipo de inspeção (simples, dupla ou múltipla).

2.6 Capacidade do Sistema de Medição

A variabilidade verificada num processo deve-se em parte à variabilidade inerente ao processo produtivo, e a outra parte deve-se ao sistema de medição usado.

Os objetivos dos estudos realizados sobre a capacidade de um sistema de medição são geralmente [4]:

- Determinar quanto do total da variação observada é devida ao sistema de medição
- Isolar as causas de variabilidade do sistema de medição
- Avaliar se o sistema de medição usado é adequado

Num sistema de medição por atributos, duas situações indesejáveis podem acontecer: aceitar itens defeituosos (não conformes) e rejeitar itens não defeituosos (conformes).

Uma metodologia vulgarmente empregue para avaliar a eficácia de um sistema de medição é o “Gage R&R”: determinar a repetibilidade e a reprodutibilidade.

Segundo o Vocabulário Internacional de Metrologia, VIM [14], a condição de repetibilidade de medição é a condição de medição, num conjunto de medições, as quais incluem o mesmo procedimento de medição, os mesmos operadores, o mesmo sistema de medição, as mesmas condições de operação e o mesmo local, assim como medições repetidas no mesmo objeto. A condição de reprodutibilidade de medição é a condição de medição num conjunto de condições, as quais incluem diferentes locais, diferentes operadores, diferentes sistemas de medição e medições repetidas no mesmo objeto.

Um estudo “Gage R & R” pode ser conduzido de diferentes formas, no entanto deve-se ter atenção a alguns pontos importantes, para que seja um estudo criterioso. A título de exemplo é descrito, em seguida, um estudo “Gage R & R” possível, através de 6 passos. [10]

1. Recolher 15 a 30 itens com a característica a medir: a amostra recolhida deve ser representativa da variação total que geralmente ocorre no processo, sendo cerca de 50% “ok” e 50% “não ok”;
2. Criar um padrão de referência, atribuindo a cada item a designação “ok” ou “não ok”;
3. Escolher dois ou três inspetores e registar os resultados das suas observações. Os inspetores devem repetir as observações, e os itens devem ser misturados aleatoriamente em cada observação (para além de trocar a ordem dos itens na segunda observação deve haver um certo intervalo de tempo entre a 1ª e 2ª observações);
4. Para cada inspetor, calcular a percentagem de medições em que mantiveram a mesma opinião (Repetibilidade);
5. Para cada item calcular a percentagem de medições em que os inspetores concordaram consigo próprios e uns com os outros (Reprodutibilidade);
6. Calcular também a percentagem de medições em que cada inspetor concordou consigo próprio e com o padrão de referência e a percentagem em que os inspetores concordaram uns com os outros (e consigo próprios) e com o padrão de referência.

3 Qualidade da Inspeção

A inspeção exige uma definição clara e precisa de critérios de aceitação e rejeição do produto e inspetores treinados e especializados.

Através da inspeção visual os inspetores da STA avaliam a qualidade do produto (qualidade estética) com base na sua formação e experiência, mas não há no chão de fábrica nenhum documento de apoio a esta tarefa.

Por vezes a ocorrência de um defeito² no produto pode ser confundida com um produto defeituoso³ e vice-versa. Este problema deve-se sobretudo ao fato de não haver critérios de qualidade definidos e padronizados. Para além desta questão existem múltiplas variáveis que podem afetar o desempenho do inspetor e que serão alvo de estudo neste capítulo.

A tabela 1 mostra uma sondagem efetuada a 3 inspetores (I1, I2 E I3) e 2 supervisores (S1, S2), e é demonstrativo da divergência de opiniões que frequentemente ocorre nesta inspeção, especialmente em situações em que a área aceitação-rejeição é muito próxima. Foi pedido que observassem uma peça e que avaliassem se se tratava de uma “peça boa” (conforme) ou de uma “peça má” (não-conforme), e qual o tipo de defeito que continha. Foi possível constatar que os inquiridos observavam a peça de formas diferentes: uns rodavam a peça, para que o ângulo de observação em relação á superfície refletisse diferentes incidências de luz, enquanto outros apenas aproximavam e afastavam a peça.

Tabela 1: Sondagem

	vê defeito?		classificação	roda a peça?		Comentários	OK/NOK
	Sim	não		sim	não		
I1	x		Lixo	x		“o defeito é muito pequeno; isto passa”	OK
I2		x			x		OK
I3	x		Poro		x	“este defeito quase nem se vê; a peça é boa”	OK
S1	x		Poro	x		“o defeito é pequeno mas está logo no centro da peça e chama a atenção; se fosse noutro local deixaria passar”	NOK
S2		x	...	x		“a peça está boa, não vejo defeitos”	OK

² anomalia ou imperfeição no produto que pode resultar ou não na sua rejeição

³ produto que não cumpre com as especificações de qualidade (produto não conforme)

3.1 Análise do Sistema de Medição

Para analisar a qualidade do sistema de medição foram selecionadas 50 peças lacadas, das quais, aproximadamente, 50% eram “peças boas” e 50% eram “peças más”.

Para garantir que as peças enviadas pela STA cumpram com as especificações o sistema de medição deve ser confiável e consistente, capaz de poder atingir este objetivo. Ao analisar a qualidade de um sistema de medição a amostra recolhida para teste deve ser representativa do *output* do processo produtivo. No entanto e para melhorar a qualidade da inspeção, optou-se por escolher propositadamente peças no limite da aceitação-rejeição (peças de difícil avaliação), pois sabe-se que é aí que reside o problema da STA. Assim sendo, todas as conclusões acerca do atual sistema de medição representam a qualidade da inspeção no que toca a peças cujos limites de aceitação-rejeição são próximos.

Todas as peças foram classificadas como “peça boa” (“A”) ou “peça má” (“R”) por um grupo de peritos da Sobinco e avaliadas por inspetores e supervisores da STA (OP1,OP2...OP6). As peças foram avaliadas duas vezes, em dias diferentes, de forma aleatória. Os resultados obtidos foram estudados- ver 3.1.1. De igual forma, as peças foram avaliadas por operadores da Sobinco, encarregues pelo controlo visual das peças (OP7,...,OP10)- ver 3.1.2 . Os resultados encontram-se em Anexo A.

3.1.1 Peças Avaliadas pela STA

A Tabela 2 mostra o número de “peças boas” rejeitadas (RE) e o número de “peças más” aceites (AE), para cada operador, e no total (todos os operadores).

Tabela 2: Quantidade e tipo de erro

	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	Total
RE	8	20	3	14	16	13	74
AE	16	18	28	14	19	11	106

A Tabela seguinte contém os resultados dos níveis de eficácia, E, de cada operador e total, a probabilidade de rejeitar “peças boas” (P (RE)) e a probabilidade de aceitar “peças más” (P (AE)), por operador e no total, e a razão entre P (RE) e P (AE).

Tabela 3: Capacidade da inspeção

	<i>OP1</i>	<i>OP2</i>	<i>OP3</i>	<i>OP4</i>	<i>OP5</i>	<i>OP6</i>	<i>Total</i>
E	0.76	0.62	0.69	0.72	0.65	0.76	0.7
P(RE)	0.17	0.43	0.07	0.30	0.35	0.28	0.27
P(AE)	0.30	0.33	0.52	0.26	0.35	0.20	0.33
B	0.59	1.30	0.13	1.17	0.99	1.39	0.82

A eficácia do Operador é determinada da seguinte forma:

$$E(OP_i) = \frac{\text{número de vezes em que classifiou corretamente}}{\text{número de peças inspecionadas} * \text{número de observações}} \quad \text{eq. 11}$$

Por exemplo, o Operador 2 obteve uma eficácia de 62%:

$$\begin{aligned} E(OP2) &= \frac{50 * 2 - (20 + 18)}{50 * 2} = 0.62 \\ &= 62\% \end{aligned} \quad \text{eq. 12}$$

A eficácia média (Total) é de 70%:

$$E = \frac{1}{6} * \sum_{i=1}^6 E(OP)_i = \frac{0.76 + 0.62 + \dots + 0.65 + 0.76}{6} = 0.7 = 70\% \quad \text{eq. 13}$$

A probabilidade do Operador rejeitar “peças boas” é:

$$P(RE)_i = \frac{\text{número de peças rejeitadas erradamente (RE)}}{\text{número de peças boas} * \text{número de observações}} \quad \text{eq. 14}$$

A probabilidade do Operador aceitar “peças más” é:

$$P(AE)_i = \frac{\text{número de peças aceites erradamente (AE)}}{\text{número de peças más} * \text{número de observações}} \quad \text{eq. 15}$$

A probabilidade de serem rejeitadas “peças boas” é:

$$P(RE) = \frac{1}{6} * \sum_{i=1}^6 P(RE)_i = \frac{0.17 + 0.43 + \dots + 0.35 + 0.28}{6} = 0.24 = 24\% \quad \text{eq. 16}$$

A probabilidade de serem aceites “peças más” é:

$$P(AE) = \frac{1}{6} * \sum_{i=1}^6 P(AE)_i = \frac{0.30 + 0.33 + \dots + 0.35 + 0.20}{6} = 0.33 = 33\% \quad \text{eq. 17}$$

A taxa de “peças boas” rejeitadas e de “peças más” aceites foi de, respetivamente, 12% e 18%, como mostram os cálculos a seguir.

$$\begin{aligned} \text{Taxa de peças boas rejeitadas} &= \frac{\text{Total de peças RE}}{\text{número de Operadores} * \text{número de peças} * \text{número de observações}} * 100 \quad \text{eq. 18} \\ &= \frac{74}{6 * 50 * 2} * 100 = 12\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Taxa de peças más aceites} &= \frac{\text{Total de peças 'AE'}}{\text{número de Operadores} * \text{número de peças} * \text{número de observações}} \quad \text{eq. 19} \\ &= \frac{106}{6 * 50 * 2} * 100 = 18\% \end{aligned}$$

Segundo a regra de *Thumb* pode-se considerar que a eficácia deste teste é inaceitável, bem como as probabilidades de rejeitar peças boas e de aceitar peças más.

A razão entre P (RE) e P(AE) - (B) revela a tendência para erradamente se classificar um produto como “bom” ou “mau”; segundo a mesma regra, esta razão é considerada aceitável ou marginal, não havendo por isso uma tendência clara para rejeitar erradamente ou para aceitar erradamente (os dois tipos de erros são próximos), com exceção do operador 3, que apresenta uma tendência para aceitar peças defeituosas.

Na tabela seguinte encontram-se os valores estabelecidos, segundo a regra de *Thumb*, para as variáveis analisadas.

Tabela 4: Regras de "Thumb"

<i>Parâmetro</i>	<i>Aceitável</i>	<i>Marginal</i>	<i>Inaceitável</i>
E	>=0.90	0.80-0.90	<0.8
P(RE)	<=0.05	0.05-0.10	>0.10
P(AE)	<=0.02	0.02-0.05	>0.05
B	0.80-1.20	0.50-0.80 ou 1.20-1.5	<0.50 ou >1.50

Para o estudo da repetibilidade e reprodutibilidade foram analisados os resultados dos três inspetores (OP4, OP5 e OP6).

Para a análise da repetibilidade foi calculado o índice “Concordância” (eq.20) e o índice “Concordância vs. Atributo” (eq21).

$$\text{Concordância} = \frac{\text{nº de vezes que concordam nas 2 observações}}{\text{nº peças}} \quad \text{eq. 20}$$

$$\begin{aligned} &\text{Concordância vs. Atributo} = \\ &= \frac{\text{nº de vezes que concordam nas 2 observações e estão corretos}}{\text{nº de peças}} \quad \text{eq. 21} \end{aligned}$$

Na análise da reprodutibilidade calculou-se o índice “Concordância-Total” (eq.22) e “Concordância-Total vs. Atributo” (eq23).

$$\begin{aligned} &\text{Concordância – Total} = \\ &= \frac{\text{nº de vezes que concordam nas 2 observações e uns com os outros}}{\text{nº de peças}} \quad \text{eq. 22} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Concordância – Total vs. Atributo} = \\ &= \frac{\text{nº de vezes que concordam nas 2 observações e uns com os outros e estão corretos}}{\text{nº de peças}} \quad \text{eq. 23} \end{aligned}$$

As tabelas 5 e 6 mostram os resultados da repetibilidade de OP4, OP5 e OP6.

Tabela 5: % Concordância¹

Operador	OP4	OP5	OP6
Total inspecionado	50	50	50
Iguais	38	39	40
95% ICS	86.9%	88.5%	90.0%
Resultado	76.0%	78.0%	80.0%
95% ICI	61.8%	64.0%	66.3%

(1) Operadores concordam consigo próprios nas duas observações

Tabela 6: % Concordância vs. Atributo²

Operador	OP4	OP5	OP6
Total inspecionado	50	50	50
Iguais	30	27	33
95% ICS	73.6%	68.2%	78.8%
Resultado	60.0%	54.0%	66.0%
95% ICI	45.2%	39.3%	51.2%

(2) Operadores concordam consigo próprios nas duas observações e com o Atributo

Para o cálculo dos intervalos de confiança, foi usado um limite de confiança de 95% e o intervalo de confiança superior (ICS) e intervalo de confiança inferior (ICI) foram calculados através da distribuição F, segundo “Discrete Distribution” [9], como mostram as equações seguintes.

$$ICI = \frac{V_1 * F_{(V1,V2,0.0025)}}{V_2 + V_1 * F_{(V1,V2,0.0025)}} \quad \text{eq. 24}$$

Onde:

- $v_1 = 2 * m$ eq.25

- $v_2 = 2 * (N - m + 1)$ eq.26

$$ICS = \frac{V_3 * F_{(V1,V2,0.0975)}}{V_4 + V_3 * F_{(V1,V2,0.0975)}} \quad \text{eq. 27}$$

Onde:

- $v_3 = 2 * m$ eq.28

- $v_4 = 2 * (N - m)$ eq.29

Sendo:

m: número de vezes que cada peça foi classificada da mesma forma

N: número total de peças

A **% Concordância** de cada inspetor está entre os intervalos de confiança dos outros inspetores, concluindo-se que não há diferenças significativas, do ponto de vista estatístico, entre os inspetores. O mesmo acontece na **% Concordância vs Atributo**.

Os valores de repetibilidade são baixos e por isso é necessário investigar as causas que afetam a capacidade do inspetor em ser constante ao longo do tempo.

As tabelas 7 e 8 mostram os resultados da reprodutibilidade.

Tabela 7: %Concordância-Total³

Total inspecionado	50
Iguais	15
95% ICS	44.6%
Resultado	30%
95% ICI	17.9%

(3) Os três operadores concordam em todas em todas as observações (concordam consigo próprios e uns com os outros)

Tabela 8: %Concordância-Total vs. Atributo⁴

Total inspecionado	50
Iguais	13
95% ICS	40.3%
Resultado	26.0%
95% ICI	14.6%

(4) Os operadores concordam consigo próprios, uns com os outros e com o Atributo

Os resultados da reprodutibilidade foram muito baixos: pessoas diferentes não conseguem obter os mesmos resultados o que poderá ser interpretado como falta de clareza na definição dos critérios de aceitação e rejeição.

3.1.2 Peças avaliadas pela Sobinco

Os dados obtidos foram tratados da mesma forma que em 3.1.1 e os resultados apresentam-se nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9: Capacidade de Inspeção (Sobinco)

	<i>OP7</i>	<i>OP8</i>	<i>OP9</i>	<i>OP10</i>	<i>Total</i>
E	0.66	0.67	0.72	0.54	0.65
P (RE)	0.22	0.07	0.46	0.22	0.24
P (AE)	0.44	0.56	0.13	0.67	0.45
B	0.49	0.12	3.52	0.33	0.53

Tabela 10: Resultados R&R

	% Concordância			% Concordância vs. Atributo			% Concordância _Total	%Concor dância_ Total vs. Atributo
	OP7	OP8	OP9	OP7	OP8	OP9		
Total Inspec.	50	50	50	50	50	50	50	50
Iguais	50	41	38	33	29	30	15	14
95% ICS	100%	91.4%	86.9%	78.8%	71.8%	73.6%	45%	42%
Resultado	100%	82%	76%	66%	58%	60%	30%	28%
95% ICI	92.9%	68.6%	61.8%	51.2%	43.2%	45.2%	18%	16%

Como se pode constatar, para as peças cujos limites de aceitação-rejeição são próximos, os resultados da Sobinco foram igualmente insatisfatórios.

3.2 Análise das Causas da Variabilidade do Sistema de Medição

Foi elaborado um diagrama de causa-efeito (Figura 1) do processo de inspeção, para analisar algumas possíveis causas para a variação da sua qualidade. Todas as variáveis foram classificadas como C (*constant*), N (*noise*) e X (*experimental*).

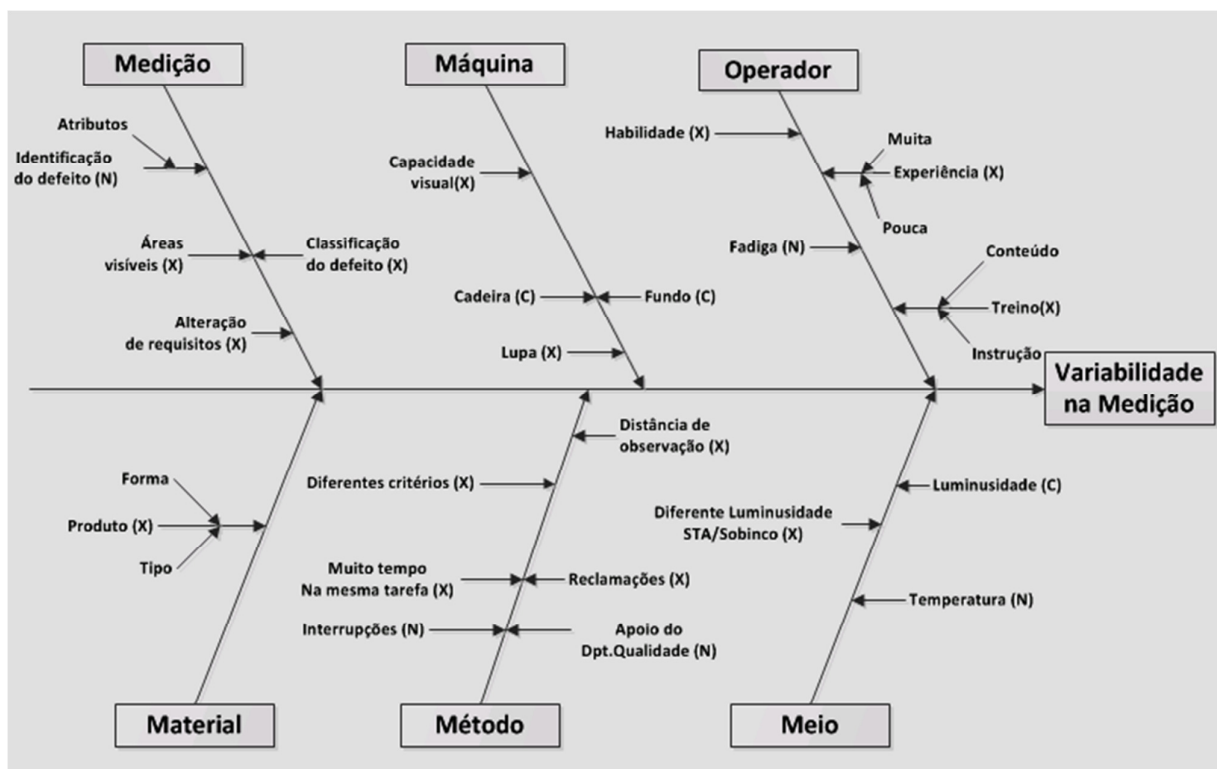


Ilustração 14: Diagrama causa-efeito (Ishikawa)

De seguida são descritas as variáveis no processo de inspeção.

- **Medição**
 - **Identificação do Defeito (N):** a identificação dos defeitos é sempre subjetiva, pois estes podem assumir uma forma dúbia e/ou serem de difícil visualização devido ao seu tamanho.
 - **Áreas visíveis (X):** no caso do peça se tratar de um manípulo este pode fixar em várias posições de funcionamento, logo há zonas do manípulo que estão sempre visíveis (“áreas sempre visíveis”) e outras que só estão visíveis para uma dada posição de funcionamento (“áreas visíveis”). Os critérios de qualidade são diferentes para “áreas sempre visíveis” e para “áreas visíveis”. Dada a variedade de manípulos existente esta diferenciação pode tornar-se confusa e comprometer a eficácia e celeridade da inspeção.
 - **Alteração de requisitos (X):** os requisitos do Cliente alteram-se ao longo do tempo; os critérios de qualidade do produto devem ser continuamente atualizados.
 - **Classificação do defeito (X):** diferentes pessoas atribuem diferentes nomes ao mesmo defeito.

- Máquina
 - Capacidade Visual (X): fator de extrema importância para a correta execução deste trabalho. Deve-se poder garantir a acuidade visual do inspetor.
 - Cadeira (C): o inspetor passa o dia todo sentado logo a ergonomia da cadeira é um fator a ter em conta.
 - Lupa (X): instrumento ótico usado para apoio á visualização do defeito.
 - Fundo (C): “Background contrast” “é a diferença, em intensidade e cor, entre a luz sobre o objeto visualizado e a luz no fundo ou áreas circundantes”. [1]
- Operador
 - Habilidade (X): aptidão natural do inspetor para efetuar determinado tipo de trabalho.
 - Experiência (X): competência do inspetor adquirida com a experiência.
 - Treino (X): para além da formação inicial são necessárias formações periódicas para controlar, relembrar e atualizar os conhecimentos.
- Material
 - Produto (X)
 - Forma: cada tipo de produto lacado pode assumir diferentes formas.
 - Tipo: o produto pode ser uma base, um manípulo de janela ou porta, ou uma dobradiça.
- Método
 - Diferentes critérios (X): diferentes pessoas têm diferentes critérios de qualidade do produto
 - Muito tempo na mesma tarefa (X): a fadiga pode comprometer o desempenho do inspetor
 - Interrupções (N): interrupções ao trabalho do inspetor podem influenciar o seu desempenho.
 - Distância de observação (X): a distância a que as peças são observadas influencia naturalmente a avaliação.
 - Reclamações (X): quando as razões das reclamações do Cliente não são esclarecidas o desempenho do inspetor pode ser influenciado (por exemplo, o inspetor pode ser induzido a usar erradamente critérios de aceitação mais “estreitos”)
 - Apoio do departamento de qualidade (N): os inspetores não têm o apoio do departamento de qualidade (no caso de dúvida, ou apenas para controlo regular, não há intervenção dos supervisores na inspeção, ao contrário do que acontecia no passado)

- Meio
 - Luminosidade (C): fator de extrema importância para a eficácia da inspeção visual.
 - Diferente luminosidade STA\Sobinco (X): a luminosidade no posto de inspeção deve ser igual na STA e na Sobinco, para que as peças sejam avaliadas nas mesmas condições.
 - Temperatura (N): a elevada temperatura no Sector da lacagem causa algum desconforto ao inspetores.

3.3 Elaboração de um Manual de Definições Operacionais- Padrão Visual

Em conjunto com a Sobinco, desenvolveu-se um Manual de Definições Operacionais- Padrão Visual- para classificar os defeitos de forma a assegurar a expedição de peças dentro das especificações, definir o método e as condições de controlo para a inspeção visual.

3.3.1 Condições de Controlo

Para definir a luminosidade do espaço onde se faz a inspeção visual foi consultada a norma “NBR5413 – Iluminância de Interiores” [8]. Foi definido que, a intensidade da luz, na STA e Sobinco, será 1500 Lux.

Para garantir a acuidade visual do inspetor a STA adquiriu um aparelho para rastreio visual, acompanhado dos respetivos testes de acuidade visual. Desta forma, a STA poderá controlar e garantir que os requisitos visuais para inspeção são cumpridos.

3.3.2 Método de Inspeção

Foi definido que a inspeção visual deve ser feita observando a peça a 25cm dos olhos (para o olho adulto esta é a distância mínima a que um objeto pode estar dos olhos para ser visto nitidamente). No caso de dúvida, a inspeção deve ser feita á distância de um braço (aproximadamente a 50cm dos olhos) e a peça deve ser rodada para que o ângulo de observação em relação á superfície reflita diferentes incidências de luz.

3.3.3 Classificação dos Defeitos

Para cada família de peças (bases, manípulos de porta, manípulos de janela e dobradiças) foram definidas as zonas visíveis e as zonas não visíveis. A zona visível (assinalada a azul) é aquela que após montagem, na porta ou janela, é visível para o utilizador. A zona não visível (assinalada a roxo) é aquela que após montagem, na porta ou janela, não é visível para o utilizador. Foi ainda considerada a zona funcional da peça (assinalada a amarelo); nesta zona não se aplicam os critérios de qualidade definidos neste manual, uma vez que esta zona fica

coberta após montagem. Algumas das imagens que foram feitas para o Manual, e que ilustram os diferentes tipos de zonas, encontram-se nas Ilustrações seguintes.

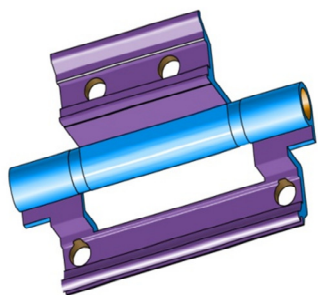


Ilustração 15: Dobradiça

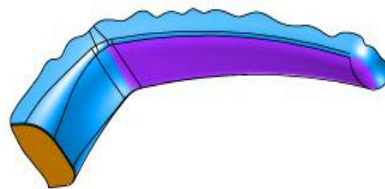


Ilustração 16: Manípulo de janela



Ilustração 18: Manípulo de porta

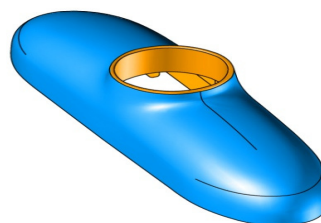


Ilustração 17: Base

Há zonas nos manípulos que são sempre visíveis, outras que só são visíveis para dada posição de funcionamento, e outras que são sempre invisíveis. Ao elaborar este Manual optou-se por considerar apenas duas zonas para aplicação dos critérios de qualidade: zona visível e zona não visível. A segregação de “áreas sempre visíveis” e “áreas visíveis” teve como objetivo facilitar a inspeção visual.

Foram definidos critérios escritos para aceitação/rejeição do produto, para cada tipo de defeito e zona da peça. Para além dos critérios escritos foram tiradas fotografias a peças que continham defeitos na zona limite de aceitação-rejeição. Para este trabalho foi bastante útil a informação obtida através da amostra de peças recolhida para efetuar a análise do sistema de medição (3.1). Das 50 peças inspecionadas, foram estudadas aquelas que, segundo os resultados apurados entre os inspetores e supervisores da STA, obtiveram maior discordância: as 15 peças que obtiveram entre 40% e 60% de aceitação (Figura 14). Algumas destas peças foram fotografadas para constar no Manual.

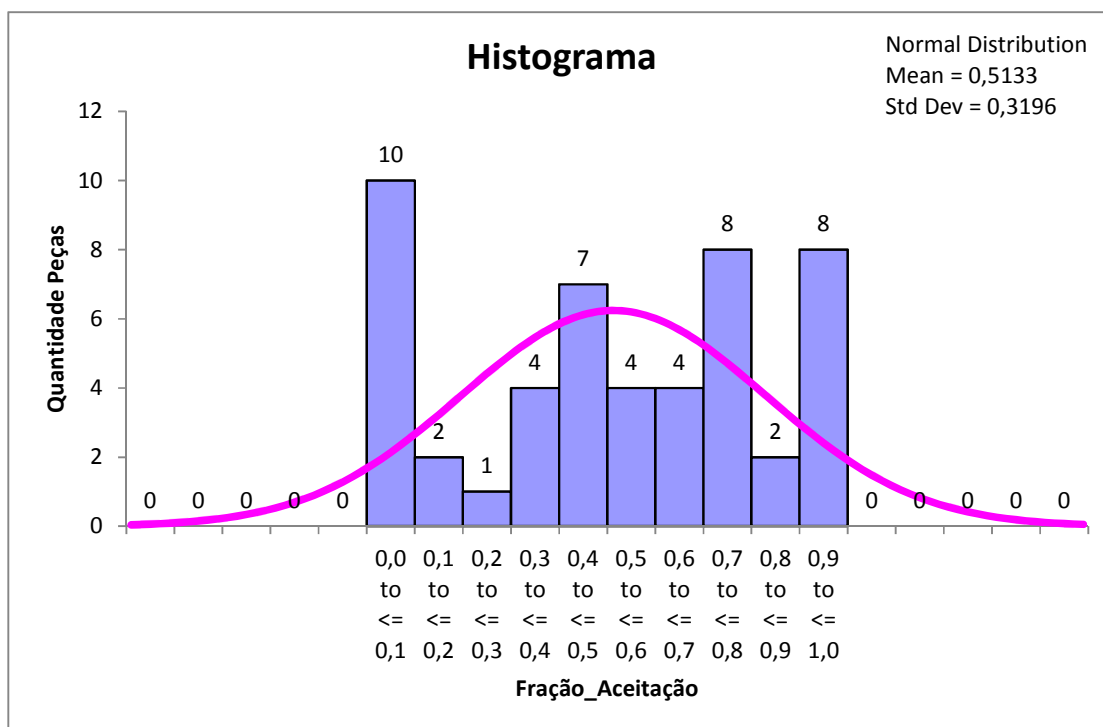


Ilustração 19: Quantidade de peças aceite

Neste Manual todos os defeitos contêm os respectivos critérios escritos de aceitação/rejeição e duas imagens: uma é a visualização da peça a 50cm de distância, sem ampliação (ótica de 50mm) e á escala de 1:1, para ilustrar os casos em que o limite de aceitação/rejeição é muito próximo. A outra é uma imagem ampliada e aproximada, onde se pode constatar a dimensão real do defeito.


Para ter a noção da verdadeira grandeza dos defeitos todas as fotos estão acompanhadas de uma escala milimétrica.

Os defeitos identificados no Manual são: “lixo”, “escorrido” (tipo de excesso de tinta), “casca de laranja” (tipo de excesso de tinta), “falta de tinta”, “mossa”, “pancada”, “bolha”, “poro”, “mau enchimento”, “rechupe”, “faceta”, “linha de separação”, “risco da lixa” e “mancha de plaforização”. As ilustrações 17 a 20 são alguns exemplos de casos que constam no Manual (o Manual completo, encontra-se no Anexo B).

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** aceite se o material base estiver completamente coberto (opaco), e se a cor estiver uniforme em toda a superfície e de acordo com os padrões de cor. **Visible side:** accepted if the base material is completely covered (opaque), and if the color is uniform across all the surface and according to the color standards.
- **Zona não visível:** aceite se o material de base estiver completamente coberto; alguma falta de uniformidade na cor é admissível. **Not visible:** is accepted if the base material is completely covered; some no uniform color is acceptable.

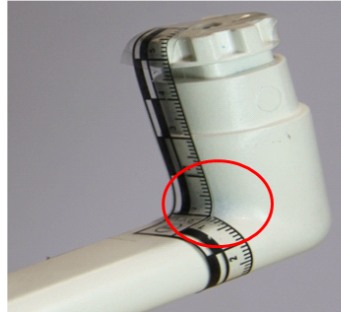
 Documento do Microsoft Office Word 5

Nota: em caso de dúvidas consultar a IT041
Note: in case of doubt check IT041

Versie:

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.4 Falta de tinta: Lack of paint



NOK

Ilustração 20: Falta de tinta

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

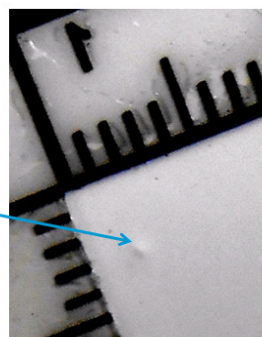
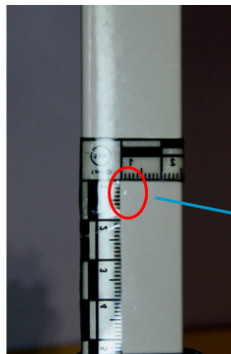
Description :

- **Zona visível:** aceite se não se conseguir ver a distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it from a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted if you don't feel it when using the product.

Versie:

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.1 Lixo Inclusion



NOK

Ilustração 21: Lixo

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** é aceite se não for visível á distância de inspeção. **Visible side:** is accepted if you can not see it from a distance inspection.
- **Zona não visível:** não são aceites poros abertos nem poros que se sintam ao passar o dedo. **Not visible:** aren't accepted opened pores or that can be felt when using the product.

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.8 Poros

Porous

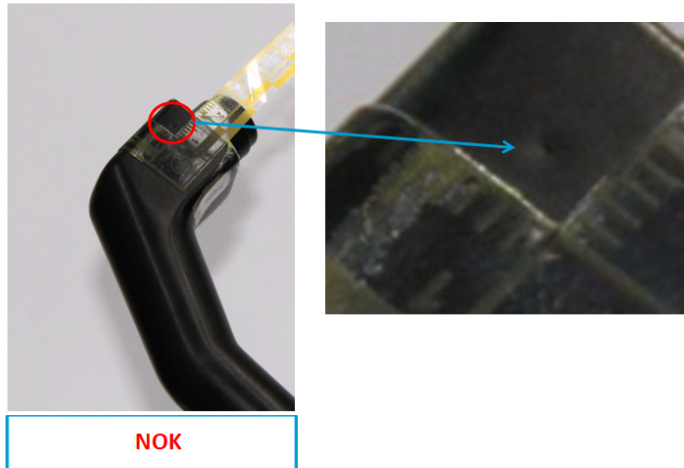


Ilustração 22: Poros

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível :** aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted if you don't feel it when using the product.

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.5 Mossa (pancada antes do acabamento)

Dint (knock before finishing)

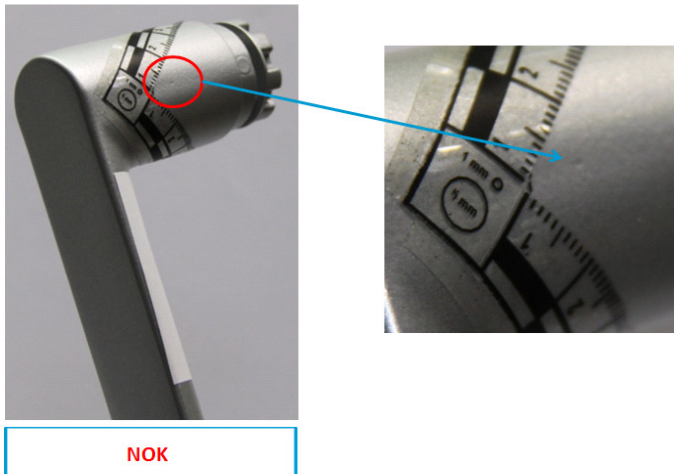


Ilustração 23: Mossa

3.4 Alteração da Variabilidade do Sistema de Medição

Com a elaboração do Manual de Definições Operacionais foi possível alterar algumas variáveis X (experimentais) para variáveis C (constantes). A Tabela 11 mostra o tipo e número de variáveis antes e depois da elaboração do Manual.

Tabela 11: Tipo e número de variáveis

Tipo de Variável	Antes do Manual	Depois do Manual
C	3	10
N	4	4
X	14	7

As variáveis que passaram de X para C foram: “Classificação dos defeitos”, “Áreas visíveis”, “Capacidade visual”, “Treino”, “Diferentes luminosidade STA/Sobinco”, “Diferentes Critérios”, e “Distância de observação”.

3.5 Inspeção no Cliente: metodologia de amostragem

Os lotes enviados são inspecionados na Sobinco para controlo de qualidade, no entanto não havia até à data um plano de amostragem definido e de mútuo acordo entre as duas empresas. Uma vez definidos os critérios de qualidade e os procedimentos e condições de inspeção, surgiu necessidade de estabelecer um plano de amostragem que garanta a proteção contra a rejeição de lotes qualidade aceitável.

Sabendo que o NAQ das peças lacadas é de 2.5%, elaborou-se um plano de amostragem para controlo destas peças.

Optou-se por um tipo de “amostragem simples”, por ser simples de descrever e administrar, e procurou-se um plano tal que o riscos do produtor, α , (probabilidade de ser rejeitado um lote NAQ) fossem próximos dos 5%.

O plano de amostragem estabelecido encontra-se na Tabela 12 e foi retirado da norma ISO 2859-1 (“Sampling procedures for inspection by attributes-Part1”). A inspeção é Normal, do nível I.

No decorrer da inspeção Normal deve passar-se para o regime de inspeção severo se 2 em 5 (ou menos) lotes consecutivos forem rejeitados; passa-se novamente à inspeção normal após 5 lotes consecutivos aceites. O plano de amostragem para Inspeção Apertada encontra-se no Anexo C.

Tabela 12: Plano de Amostragem Normal

Tamanho do Lote	Tamanho da Amostra*	Número de Aceitação
2-150	5	0
151-500	20	1
501-1200	32	2
1201-3200	50	3
3201-10000	80	5
10001-35000	125	7
35001-150000	200	10
150001-500000	315	14
>500000	500	21

A tabela seguinte mostra o risco do produtor (α) para cada caso.

Tabela 13: Risco do produtor

Tamanho do Lote	2-150	151-500	501-1200	1201-3200	3201-10000	10001-35000	35001-150000	150001-500000	>500000
A	1.2%	8.8%	4.5%	3.6%	1.5%	1.4%	1.3%	1.4%	0.9%

A probabilidade de um lote NAQ ser rejeitado $-P(Y \geq c)$ - é calculado através da distribuição Binomial:

$$P(Y \geq r) = p(r) + p(r + 1) + p(r + 2) + \dots + p(n) \quad \text{eq.30}$$

Onde:

Y: número de “sucessos”

P (y): P (Y=y)

r: número de defeituosos que não pode ser excedido ou igualado sem rejeitar o lote de onde a amostra foi retirada

n: tamanho da amostra

$$P(y) = \frac{n!}{y! * (n - y)!} * p^y * q^{n-y} \quad \text{eq. 31}$$

Sendo:

p: probabilidade de “sucesso”

q: probabilidade de “insucesso”

4 Estudo das Rejeições na Lacagem

Apesar da *Fase I* não ter sido implementada, a *Fase II* foi iniciada por ser objetivo deste projeto analisar também a rejeição do produto.

4.1 O Processo

A análise da rejeição nos produtos lacados a pó da STA implicou o estudo não só do processo de Lacagem, como também de todos os processos a montante. A Figura 9 mostra o fluxo dos produtos lacados na STA.

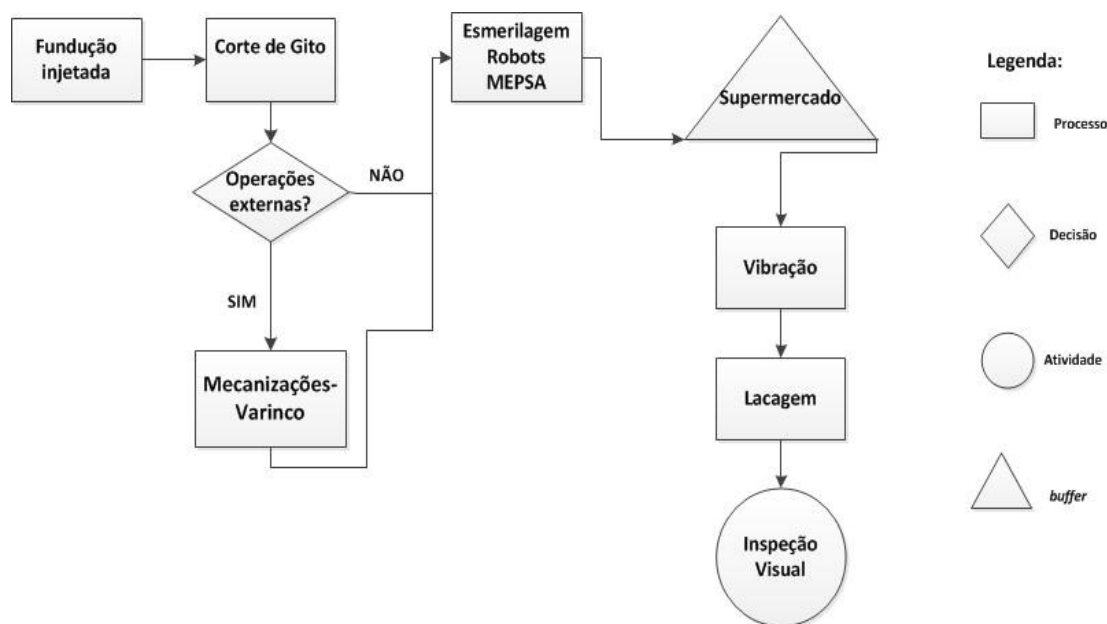


Ilustração 24: Fluxograma do processo produtivo das peças lacadas na STA

Inicialmente as peças são fundidas pelo processo de fundição injetada, no qual o metal fundido é vazado numa camisa de injeção, sendo injetado a altas pressões para as cavidades do molde. Depois de solidificar é extraído o gito.

O processo seguinte é o de corte de gito, numa prensa, para separar a peça do refugo de fundição.

Após o corte de gito as peças são esmeriladas em lixas para remover excesso de material e arestas vivas; a esmerilagem pode ser manual ou em robots hidráulicos.

A preparação das superfícies para o acabamento final é feita em máquinas de vibração, num processo de amaciamento, rebarbagem e desgorduramento, por meio de uma interação mecânica entre um abrasivo cerâmico e as peças, e um composto líquido.

Por fim, as peças passam á Secção da Lacagem para serem revestidas com tinta em pó (o processo da Lacagem é descrito mais detalhadamente em 4.1.1).

Em todas as etapas há *stocks* intermédios de diferentes tipos de produto em curso de fabrico, sendo o maior após a esmerilagem, armazenado no Supermercado.

4.1.1 Lacagem a Pó

O processo de pintura electrostática da STA está dividido em 4 etapas, como mostra a Figura seguinte:

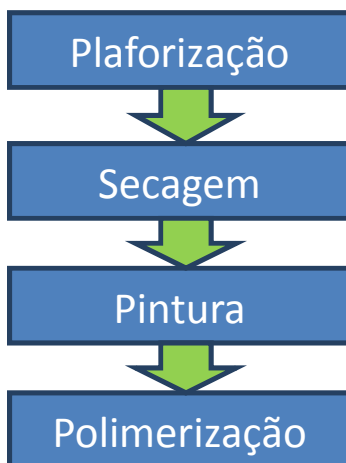


Ilustração 25: Fluxograma do processo de pintura electrostática na STA

4.1.1.1 Plaforização

É o pré-tratamento usado na STA para desgordurar, proteger contra a corrosão e maximizar a adesão do poliéster. É um tratamento por imersão, realizado em um único estágio, à temperatura ambiente. Na STA as peças situadas na posição mais alta do *rack* ficam no banho de plaforização durante 5 minutos e as peças situadas na posição mais baixa da *rack* durante 2 minutos e 30 segundos. O fluído utilizado é o “Toran3” (mistura de solventes e uma resina polimérica). Posteriormente há o escorrimento das peças e passagem á estufa de secagem, á temperatura de 140 +/- 10°C, durante 40 minutos, para retirar a humidade das peças, ficando assim aptas para a pintura.

O banho de plaforização é um processo químico no qual: [12]

- Contaminantes oleosos são dissolvidos por fluídos orgânicos, enquanto partículas sólidas como pós abrasivos, poeiras e impurezas, são lavadas e ficam no banho
- A superfície do metal é atacada pela parte ácida da resina orgânica que promove a fosfatação;
- A resina polimérica cria um polímero orgânico uniforme com espessura de cerca de 1 micrómetro.

4.1.1.2 Pintura

A pintura na STA pode ser manual, com o pintor a utilizar uma pistola denominada “Corona”, figura 12, ou automática, por meio de pistolas automáticas designadas “Tribo”, figura 11. Para peças de geometria mais complexa é usada a pistola “corona”. As pistolas “Tribo” são usadas para grandes quantidades da mesma cor, minimizando o risco da tinta se contaminar.



Ilustração 26: Pistola "Tribo"



Ilustração 27- Pistola "Corona"

4.1.1.3 Polimerização

Após o revestimento a tinta é polimerizada. Neste processo as peças circulam na estufa á temperatura de 200°C +/- 10°C durante 30 minutos.

4.2 Análise Estatística do Processo

Foi realizada uma carta de controlo para a proporção de peças defeituosas, para analisar a estabilidade do processo. O objetivo foi fazer um diagnóstico do estado atual do processo produtivo da empresa, verificando se este permanece estável ou previsível. Por questões logísticas não foi possível acompanhar as amostras recolhidas para a realização desta carta ao longo de todas as etapas do processo produtivo, de forma a tirar conclusões acerca daquelas que evidenciaram a presença de causa especiais de variação (apenas se concluiu acerca de uma amostra cuja causa assinalável ocorreu na Lacagem). As amostras recolhidas foram apenas acompanhadas no sector da Lacagem.

Uma vez que a produção de peças não é contínua e há uma grande variação no tamanho de lotes produzidos (impossibilitando a obtenção de amostras de tamanho constante) e, seguindo a metodologia aplicada ao *Controlo Estatístico de Processos para Pequenos Lotes* [1], foi usada uma carta de proporções padronizadas, para diferentes tipos de peças. Foram registados os seguintes resultados: 28 amostras de 3 tipos de peças - *peças críticas*: MAN.30900-650.2, MAN.4000-219.2, MAN.4000-217.2. Estes manípulos são as *peças críticas* da STA (aquelas que em função de quantidade produzida e da sua taxa de rejeição são as mais problemáticas).

Não havendo dados históricos confiáveis sobre a proporção de defeituosas, estes foram estimados, a partir dos dados recolhidos, para cada tipo de peça, equação 32.

$$\hat{p} = \frac{\text{nºtotal de unidades defeituosas}}{\text{nºtotal de unidades}} \quad \text{eq. 32}$$

A tabela seguinte revela os valores estimados da proporção de defeituosos para as peças críticas.

Tabela 14: Proporção de defeituosos estimado

Peça	\hat{p}
MAN.30900-650.2	0.157
MAN.4000.-219.2	0.088
MAN4000-217.2	0.149

A Ilustração 28 mostra o respetivo gráfico de controlo (os dados recolhidos para a construção desta carta podem ser consultados em Anexo D). Como se pode observar existem pontos fora dos limites de controlo, logo o processo não está em controlo estatístico: o processo apresenta causas especiais de variação.

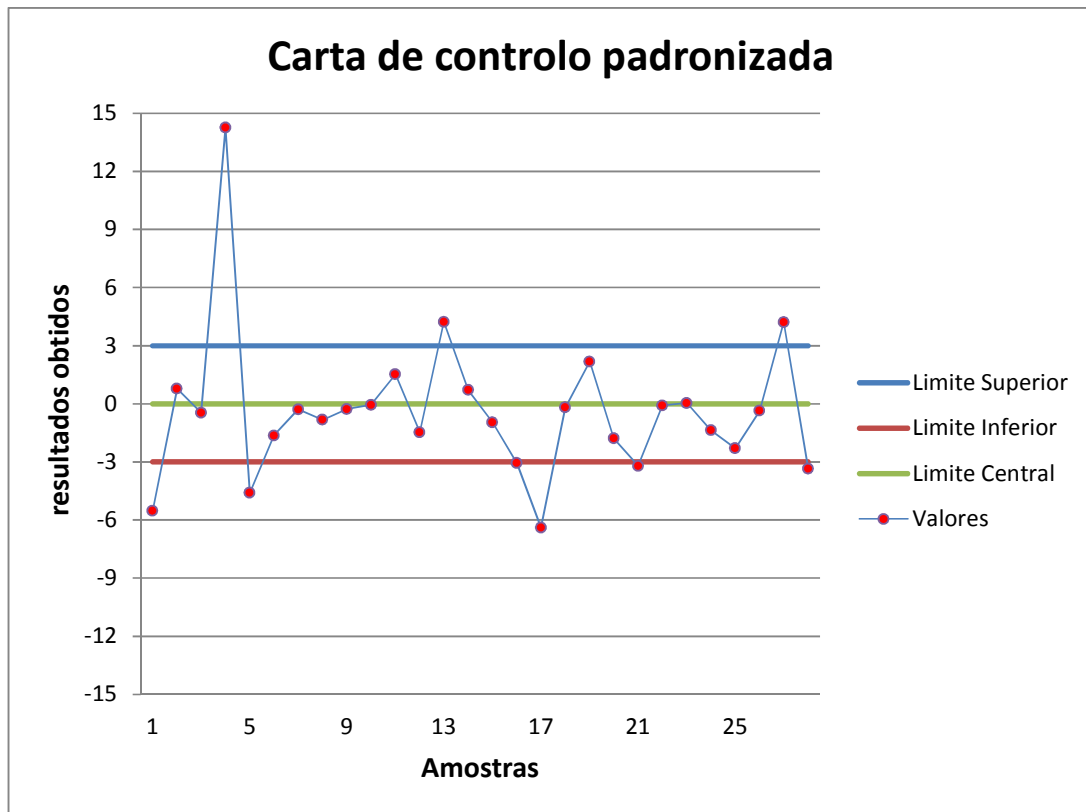


Ilustração 28: Carta de controlo p padronizada

Foi possível identificar, no caso da amostra 13, a causa especial de variação, já que esta ocorreu no sector da Lacagem: cerca de 90% das peças defeituosas tinham falta de tinta. Foram usadas, nesta amostra, *racks*, em mau estado (ver Ilustração 29 e Ilustração 30), que provocaram o deslocamento de algumas peças impossibilitando uma pintura correta. Na Ilustração 30 pode observar-se que algumas peças não estão na posição correta, assinaladas a vermelho, o que dificulta o acesso á parte posterior do manípulo. As peças circunscritas a verde estão na posição correta (os *racks* deslocam-se num transportador mas também rodam sobre si mesmas).

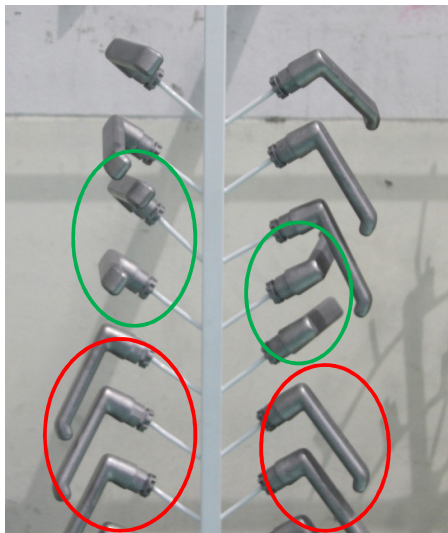


Ilustração 30: Rack1



Ilustração 29: Rack2

Na Ilustração 29 pode observar-se o deslocamento de uma peça que torna impossível o acesso da tinta à parte frontal do manípulo. Deve-se garantir a correta manutenção dos *racks* e só as usar se estiverem em bom estado.

4.3 Análise das Causas de Rejeição

Para verificar quais são os defeitos mais frequentes na produção de peças lacadas foram recolhidas, para cada tipo de *peça crítica*, 300 peças do Supermercado (cada 100 peças correspondiam a uma ordem de fabrico diferente) que posteriormente foram vibradas e pintadas em condições normais de produção. Os dados recolhidos apontam para Lixo e Poros, como os defeitos mais frequentes. O gráfico da figura revela que 82.6% dos defeitos, da amostra recolhida, são Poros e Lixo e a taxa de rejeição foi de 15.3%.

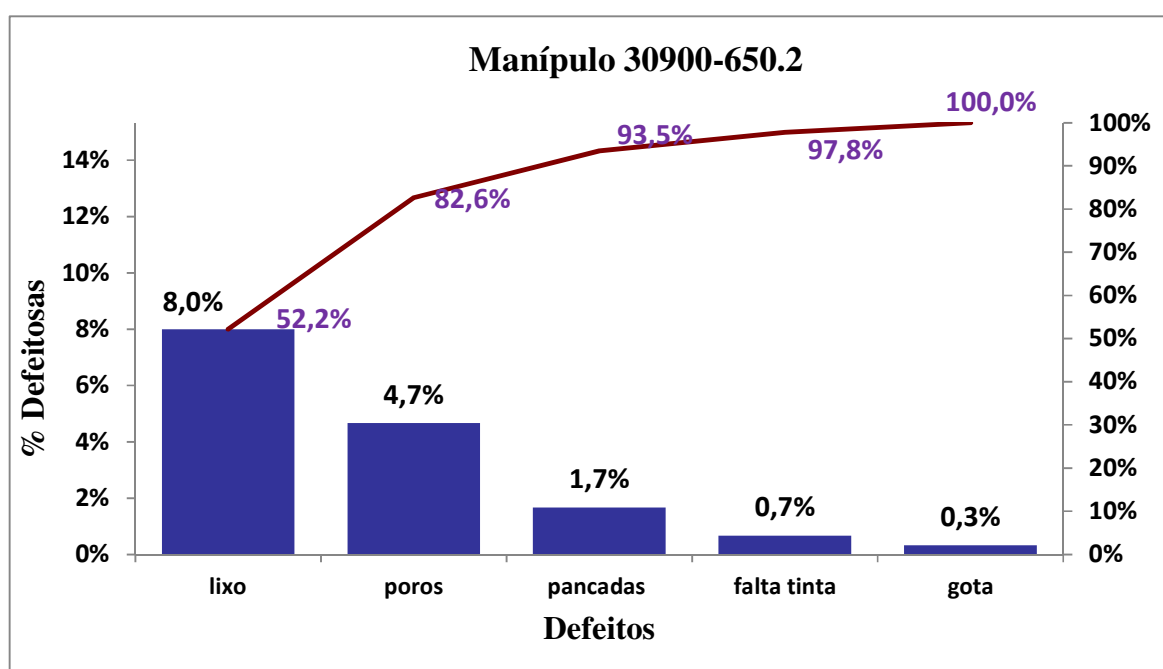


Ilustração 31: Pareto-MAN.30900-650.2

Os resultados das outras *peças críticas* (MAN.4000-219.2 e MAN.400-217.2) também seguem a mesma tendência: cerca de 80% da rejeição na Lacagem tem como justificação a deteção de Poros e Lixo (os gráficos de Pareto para estas referências encontram-se no Anexo E).

Sendo o Lixo o defeito mais frequente, de acordo com as amostras recolhidas, foi efetuado um *brainstorming* sobre as possíveis causas para o aparecimento de Lixo nas peças. O Lixo é qualquer tipo de impureza ou sujidade, que após a pintura fica retido nas peças: pode ser óleo, poeira, alumínio, etc.

No diagrama causa-efeito seguinte, os principais fatores representam as sucessivas etapas do processo de fabrico.

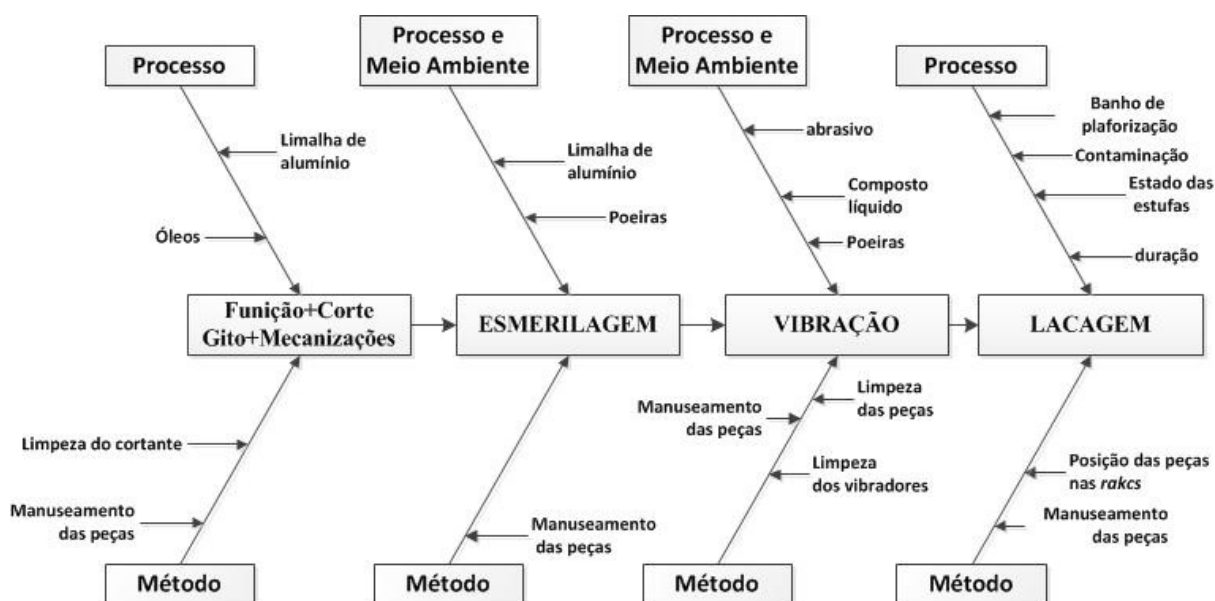


Ilustração 32: Diagrama causa-efeito (Lixo)

São em seguida descritas as causas para cada etapa do processo:

- **Fundição:** pequenas limalhas de alumínio na superfície da peça à saída da fundição e aquando o corte do gito; óleos provenientes da fundição; vestígios de produto usado para limpeza e lubrificação do cortante no corte de gito; após fundição algumas peças são maquinadas, externamente, para realizar furos nas peças, podendo não ser bem limpas e por isso conter limalha no seu interior.
- **Esmerilagem:** o material, ao ser esmerilhado pode ficar na peça; as peças podem ficar armazenadas vários dias no Supermercado até ser lançada uma encomenda, expostas a poeiras.
- **Vibração:** O tipo de pedra (abrasivo) e composto líquido usado podem não ser os mais indicados; a deficiente limpeza dos vibradores, porque depois das peças serem vibradas o Lixo fica nos vibradores; as peças são limpas com água após a vibração, (para retirar vestígios do composto líquido usado) manualmente, o que pode ser insuficiente.
- **Lacagem:** o tipo de manutenção efetuado ao banho de plaforização, pois é uma fonte de acumulação de sujidade; as estufas são muito antigas e encontram-se com sujidade no seu interior, podendo contaminar as peças; as peças que têm furos roscados podem conter limalhas no seu interior e a forma como estas peças são colocadas nos racks, pode fazer escorrer sujidade; o tempo que as peças ficam no banho de plaforização varia com a sua posição no rack; as peças pintadas estão sujeitas a contaminação antes de entrarem na estufa de polimerização, pois não estão devidamente protegidas do contato com o meio em redor.

Finalmente, uma causa comum a todas as etapas é o manuseio das peças (as luvas usadas pelos operários podem transferir sujidade e mesmo tecido às peças). A própria indumentária dos operários pode transferir lixo para as peças,

Após este *brainstorming* sobre os tipos de lixo e as suas causas, decidiu-se analisar algumas peças para identificar os tipos de lixo e qual o mais frequente.

Numa parceria com o INEGI- Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial-foram analisadas em microscópio electrónico 10 peças com lixo (as peças analisadas foram o manípulo MAN.30900-650.2),sendo que todas elas evidenciaram a presença de limalhas de alumínio à superfície- Ilustração 33e Ilustração 34.

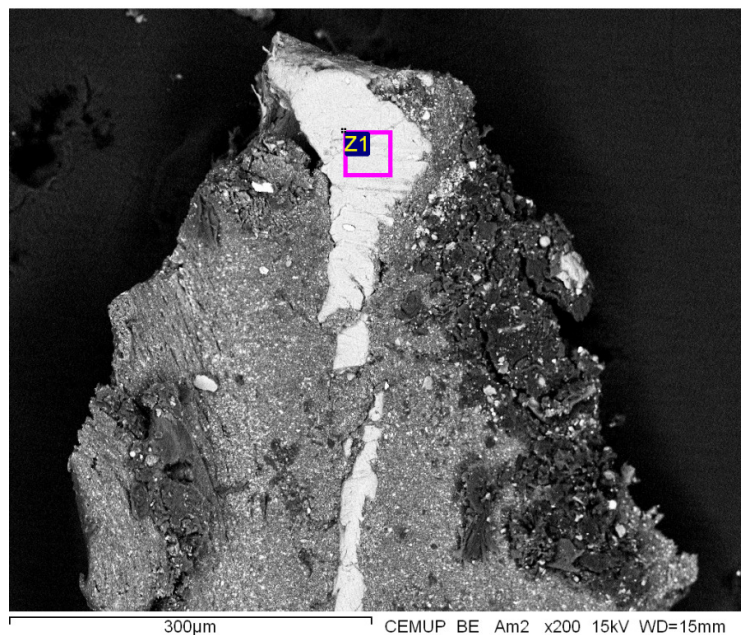


Ilustração 33: Imagem de manípulo observada em microscópio eletrónico

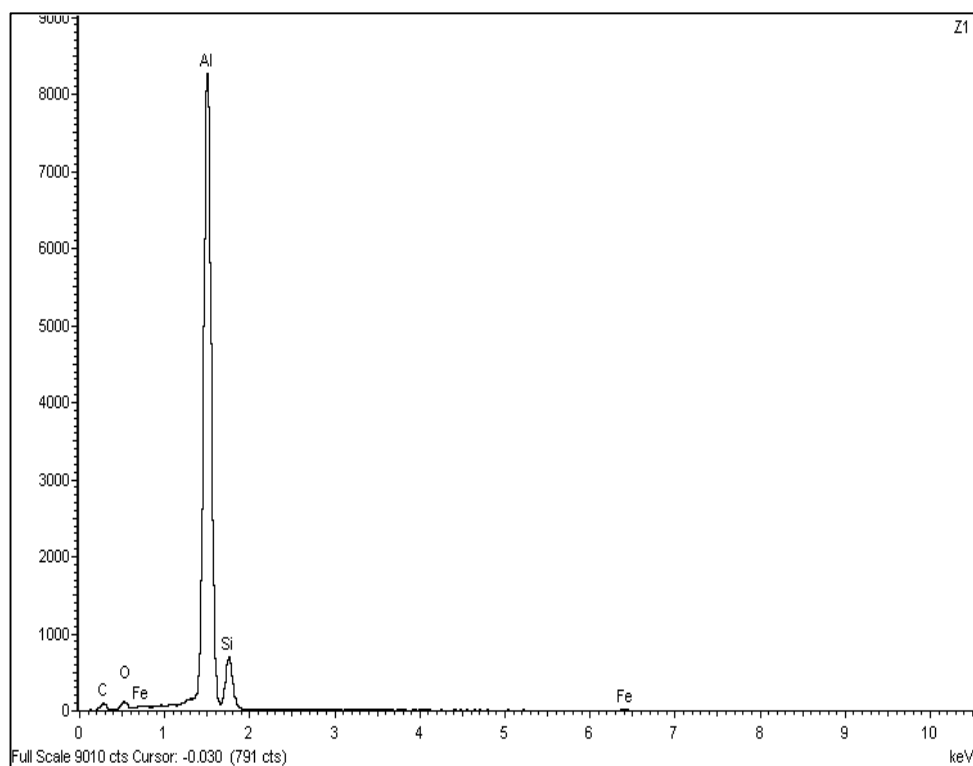


Ilustração 34: Elementos químicos presentes na zona (Z1) assinalada

É relevante referir que as peças analisadas (MAN.30900-650.2) não são peças mecanizadas. Partindo do pressuposto que a razão maior para o aparecimento de limalha de alumínio nas peças será a sua maquinaria (uma vez que este processo não é realizado na STA e estas peças não são controladas antes de seguirem o curso normal de produção) uma das razões plausíveis para o aparecimento de limalha nas peças avaliadas poderá ser a contaminação no banho de plaforização; ou seja, a filtragem do banho de plaforização não é eficaz provocando a contaminação de todas as peças. Por outro lado, a vibração das peças antes da lacagem também é insuficiente, já que os dois processos contribuem para a limpeza das peças. Deve-se averiguar se as peças roscadas possuem limalha de alumínio no seus orifícios e verificar periodicamente o estado do banho de plaforização.

5 Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro

Relativamente aos objetivos propostos, considero que estes foram, na sua generalidade, alcançados. Após um estudo sobre a qualidade da inspeção visual na STA, foi elaborado um Manual de Definições Operacionais com metodologias, critérios e procedimentos, que irá ser implementado. Foi também definido um plano de inspeção por amostragem, para ser aplicado na Sobinco e que irá entrar em vigor após a implementação do Manual de Definições Operacionais.

Para a autora este projeto foi gratificante pela aprendizagem e experiência em ambiente industrial, com o acompanhamento do dia-a-dia numa empresa e a adaptação a novos desafios.

Como sugestões de trabalhos futuros, após a implementação do Manual (que passará por formação aos inspetores e implementação das condições de controlo estabelecidas) deverá ser feita uma nova análise à capacidade do sistema de medição, com a mesma amostra de peças que suscitou todo este trabalho, para verificar a melhoria na qualidade da inspeção.

Apesar de se poder melhorar continuamente a qualidade da inspeção, sendo manual estará sempre comprometida por fatores ambientais e humanos, para além do seu elevado custo e tempo dispendido. Neste sentido a STA deverá avaliar a evolução para uma inspeção visual automática (visão artificial), para aumentar a produtividade e o rigor na avaliação da qualidade dos produtos.

Quanto à análise efetuada à rejeição nos produtos lacados, foi possível constatar que o processo não é estável. No entanto, é importante referir que esta análise não foi tão criteriosa quanto o inicialmente pretendido, pois, não tendo sido implementadas melhorias na inspeção visual, a variabilidade do processo apurada pode estar condicionada pela actual qualidade do sistema de inspeção.

O controlo estatístico de processos é de extrema importância em qualquer meio industrial. No caso da STA, esta técnica não é utilizada. Sugere-se que a mesma seja empregue, no sentido de estabilizar o processo produtivo e reduzir a sua variabilidade. Neste sentido a empresa poderá caminhar com segurança no objetivo de atingir a capacidade do processo desejável, podendo assim no futuro acabar com a figura do inspetor (inspeção a 100%).

Foi também efetuada uma breve análise às causas de existência de lixo nos produtos lacados e sugerido que se investiguem as causas de aparecimento de limalha de alumínio na superfície das peças. Se a causa raiz tiver origem nos actuais sistemas de limpeza da lacagem propõe-se a aquisição de um equipamento de limpeza por jacto.

6 Referências

- [1] STA- Sociedade Transformadora de Alumínios, <http://www.sofi.pt/>, último acesso: Janeiro 2013
- [2] J.M. Juran (1979), “Quality Control Handbook”, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, New York
- [3] Kiemle, M.J., Schmidt, S.R, Berdine, R.J, “Basic Statistics: Tolls for Continuous Improvement”, Fourth Edition, Air Academy Press & Associates, LLC.
- [4] Montgomery, D.C. (2009), “Introduction to Statistical Quality Control”, Six Edition, John Wiley and Sons, Jefferson City
- [5] Alberto Wunderler Ramos, (1995), “Controlo Estatístico de Processos para Pequenos Lotes”, Editora Edgard Blucher LTA, São Paulo
- [6] Tatton, WH, Drew, EW (1971), “Industrial Paint Application”, Newnes-Butterworths, London
- [7] (1999) ISO 2859-1 “Sampling procedures for inspection by attributes—Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection
- [8] ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992), “NBR 5413 Iluminância de interiores”
- [9] Johnson, N.L. and Kotz, S. (1969), “Discrete Distributions”, Wiley & Sons, New York
- [10] Craig Gygi, Neil DeCarlo, Bruce Williams, (2005), “Six Sigma for Dummies”, Wiley Publishing, Inc, Indianapolis
- [11] KMW- Dresch Equipamentos de Pintura LTDA., www.kmwrs.com.br, último acesso: Janeiro 2013
- [12] G.Guidetti, C. Guidetti, M. Carpenter, (2009) “Plaforization process for cleaning, degreasing, and phosphating: one-step pretreatment method provides economic, environmental and safety benefits for operators”, Metal Finishing
- [13] Swaraj Paul, (1985), “Surface Coatings”, John Wiley & Sons Ltd., New York
- [14] VIM, (2012), “Vocabulário Internacional de Metrologia”

7 ANEXO A: Resultados das Peças Inspeccionadas

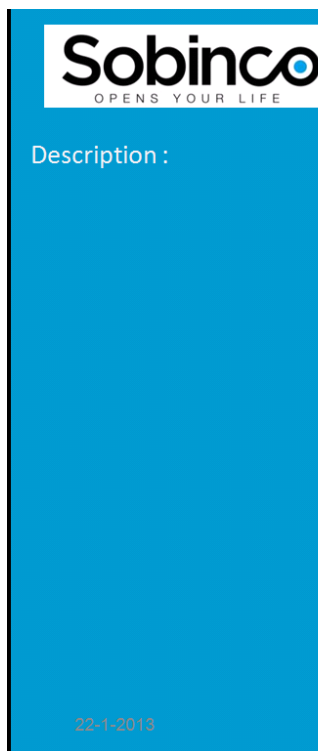
Peça	Atributo	Operador 1		Operador 2		Operador 3		Operador 4		Operador 5		Operador 6	
		Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2
1	R	R	R	R	R	A	A	R	R	A	A	R	R
2	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
3	R	A	R	R	R	A	A	R	R	A	R	R	R
4	R	R	R	R	R	A	A	A	R	R	A	R	R
5	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A	A	R	R
6	R	R	A	R	R	R	A	R	R	R	R	R	R
7	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R	R	R	R
8	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
9	A	A	R	A	R	A	A	R	R	R	R	R	R
10	R	R	A	A	R	R	A	R	R	R	R	A	A
11	R	A	A	A	R	A	A	A	R	R	R	A	R
12	A	R	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R
13	R	A	A	A	A	A	A	R	A	A	A	R	R
14	R	A	R	A	R	A	A	A	R	A	A	A	A
15	A	A	A	A	A	A	A	R	R	A	A	A	A
16	A	A	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A
17	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A	R	A	R
18	A	A	R	A	R	A	A	R	R	R	A	R	R
19	R	R	R	A	R	A	A	A	A	A	A	R	A
20	R	R	R	A	R	A	A	R	R	A	A	R	A
21	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R
22	A	A	A	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A
23	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R	R	R	R
24	R	R	R	R	R	R	R	A	R	R	R	R	R
25	R	R	R	R	R	A	A	A	A	A	R	R	R
26	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
27	R	A	A	A	A	R	R	R	R	R	A	R	A

Melhoria da Qualidade da Inspeção e Análise das Rejeições nos Produtos Lacados a Pó

28	R	R	R	A	A	A	A	R	R	A	A	R	R
29	A	A	A	R	R	A	A	R	A	A	A	R	R
30	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A	A	A	A
31	R	A	R	A	R	R	R	R	R	R	A	R	R
32	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A	A	A	A
33	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
34	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
35	A	A	R	R	A	A	A	A	R	A	A	A	A
36	A	A	A	R	R	A	A	A	A	R	R	A	A
37	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
38	R	R	R	R	R	R	A	R	R	R	R	R	R
39	A	A	A	A	R	A	R	A	R	R	A	A	A
40	A	A	A	R	R	A	A	A	A	R	R	A	A
41	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
42	A	A	R	A	R	R	R	R	R	R	R	R	R
43	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R	R	A	R
44	A	R	R	R	R	A	A	A	A	R	A	A	A
45	A	A	A	A	R	A	A	A	A	R	A	A	A
46	R	R	A	A	A	A	A	A	R	R	R	A	R
47	R	A	A	A	A	R	A	R	R	R	R	A	R
48	A	A	A	A	R	A	A	R	R	A	A	A	A
49	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R	A	A
50	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

Peça	Operador 7		Operador 8		Operador 9		Operador 10	
	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2	Observ.1	Observ.2
1	R	R	R	R	A	A	R	R
2	R	R	R	R	R	R	R	R
3	A	R	R	R	A	A	R	R
4	R	R	R	R	A	A	A	R
5	A	A	A	R	A	A	A	A
6	R	A	R	R	R	A	R	R
7	R	R	R	R	R	R	A	R
8	R	R	R	R	R	R	R	R
9	A	R	A	R	A	A	R	R
10	R	A	A	R	R	A	R	R
11	A	A	A	R	A	A	A	R
12	R	R	A	A	A	A	A	A
13	A	A	A	A	A	A	R	A
14	A	R	A	R	A	A	A	R
15	A	A	A	A	A	A	R	R
16	A	A	A	A	A	A	R	A
17	A	A	A	R	A	A	A	A
18	A	R	A	R	A	A	R	R
19	R	R	A	R	A	A	A	A
20	R	R	A	R	A	A	R	R
21	A	A	A	A	A	A	A	A
22	A	A	R	A	A	A	A	A
23	R	R	R	R	R	R	A	R
24	R	R	R	R	R	R	A	R
25	R	R	R	R	A	A	A	A
26	R	R	R	R	R	R	R	R
27	A	A	A	A	R	R	R	R
28	R	R	A	A	A	A	R	R
29	A	A	R	R	A	A	R	A
30	A	A	A	R	A	A	A	A
31	A	R	A	R	R	R	R	R
32	A	A	A	R	A	A	A	A
33	A	A	A	A	A	A	A	A
34	A	A	A	A	A	A	A	A
35	A	R	R	A	A	A	A	R
36	A	A	R	R	A	A	A	A
37	R	R	R	R	R	R	R	R
38	R	R	R	R	R	A	R	R
39	A	A	A	R	A	R	A	R
40	A	A	R	R	A	A	A	A
41	R	R	R	R	R	R	R	R
42	A	R	A	R	R	R	R	R
43	A	A	A	A	A	A	A	A
44	R	R	R	R	A	A	A	A
45	A	A	A	R	A	A	A	A
46	R	A	A	A	A	A	A	R
47	A	A	A	A	R	A	R	R
48	A	A	A	R	A	A	R	R
49	A	A	A	A	A	A	A	A
50	R	R	R	R	R	R	R	R

8 ANEXO B: Manual de Definições Operacionais



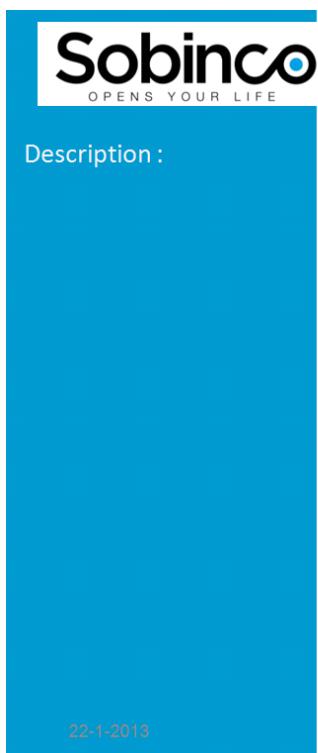
Versie :

Definições Operacionais

*Operational
Definitions*

**Padrões
Visuais**

*Visual
Defaults*



Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO *QUALITY AND INSPECTION CRITERIA*

ÍNDICE [INDEX]:

1. ÂMBITO[SCOPE]
2. APLICAÇÃO[APPLICATION]
3. AMOSTRAGEM[SAMPLING]
4. DEFINIÇÕES[DEFINITIONS]
5. PROCEDIMENTO E CONDIÇÕES DE CONTROLO [CONTROL
PROCEDURE AND TERMS]
6. CARACTERIZAÇÃO DAS SUPERFÍCIES[CHARACTERIZATION OF
SURFACES]
7. VISUALIZAÇÃO DOS DEFEITOS [DEFECTS VISUALIZATION]

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

22-1-2013

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

1. ÂMBITO[SCOPE]:

Descrever a classificação dos defeitos de forma a assegurar a expedição de peças dentro das especificações do cliente. *The method describes the fault classification for the assessment of the zero-hour quality.*

Os critérios escritos, em conjunto com as imagens, têm como objetivo definir os limites de aceitação de forma objetiva. *The written criteria, and the images, are intended to objectively define the limits of acceptance.*

2. APLICAÇÃO[APPLICATION]:

Inspeção para alumínio injetado, zamak e gravidade. *This instruction be applied for the in-line and final inspections for pieces on Aluminum injection, Zamak and gravity.*

3. DIMENSÃO DA AMOSTRA [SAMPLING SIZE]:

3.1 Sobinco:



Documento do
Microsoft Office Word

3.2 STA- Controlo a 100%. 100% control

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

22-1-2013

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

4. DEFINIÇÕES[DEFINITIONS]:

- **Lote :** Remessa de peças compostas por unidades do mesmo item, sob as mesmas condições e da mesma ordem de fabrico. *Batch: A defined quantity of parts produced by 1 production unit under the same conditions and belonging to 1 work order ticket.*
- **Amostra :** Quantidade representativa de peças recolhidas aleatoriamente do lote, para inspeção. *Sample: One or more products selected for inspection.*
- **Defeito :** É um falha funcional e/ou estética. *Defect: Is a product which is defective.*
- **Grande Defeito:** É uma falha que irá resultar em rejeição por parte do cliente. *Major defect: It is a failure that will result in rejection by the customer.*
- **Pequeno Defeito:** É uma falha que não irá resultar em rejeição por parte do cliente. *Minor defect: A minor defect is a fault which will not result in rejection by the customer.*
- **Ponto de Atenção :** Produto próximo dos limites de especificação. *Remark: Is a product which lies close to the specification limits without exceeding them.*
- **Lote Rejeitado :** Lote que excede os limites de especificação (peças em bruto >10% peças acabadas >1%). *Rejected batch: is a batch that exceeds the specification limits*

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

22-1-2013

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

5. Procedimento e Condições de Controlo [Control Procedure and Terms]:

5.1 Condições de Luminosidade[*lighting conditions*]:

Posto trabalho onde se faz o controlo visual deve ter ao nível do plano de trabalho **1500 Lux**. *Work station where visual control is done, must have 1500Lux light.*



5.2 Método de inspeção[*distance inspection*]:

A inspeção é feita a distância de meio corpo; em caso de dúvida a inspeção deve ser feita a distância de um braço (50 – 60 cm dos olhos) rodando a peça para que seja observada nas diferentes incidências de luz. *The inspection is done at a distance near from eyes; in case of doubt it must be done at a distance of an arm length (50-60cm) turning the piece into different light incidences.*

5.3 Requisitos Visuais [*visual requirements*]:

O operador deve ser boa acuidade visual. *Operators must pass specific vision requirements.*



Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

6. Caracterização das Superfícies [Characterization of surfaces]:

As superfícies são caracterizadas de acordo com o tipo de peça:

The surfaces are characterized according to the type of piece:

- Bases [*Base*]
- Manipulos de porta [*door handles*]
- Manipulos de janela [*window handles*]
- Dobradiças [*hinges*]

Dada a variedade de peças, dentro de cada família, poderão ser considerados exceções. *Given the variety of parts, within each family exceptions are considered.*

É considerada zona visível (assinalada a azul) aquela que após montagem, na porta ou janela, é visível para o utilizador. *It is considered visible area (indicated in blue) if after assembly, on the door or window, it is visible to the user.*

É considerada zona não visível (assinalada a roxo) aquela que após montagem, na porta ou janela, não é visível para o utilizador. *It is considered not visible area (indicated in purple) if after assembly, on the door or window, it isn't visible to the user.*

É ainda considerada a zona funcional da peça (assinalada a amarelo); nesta zona não se aplicam os critérios definidos neste manual, uma vez que esta zona fica coberta após montagem. *It is considered functional area (indicated in yellow) if after assembly, on the door or window, it isn't visible to the user.*

Para melhor perceção dos defeitos as fotos estão acompanhadas de uma escala milimétrica. *For better perception of defects photos are accompanied by a millimeter scale.*

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

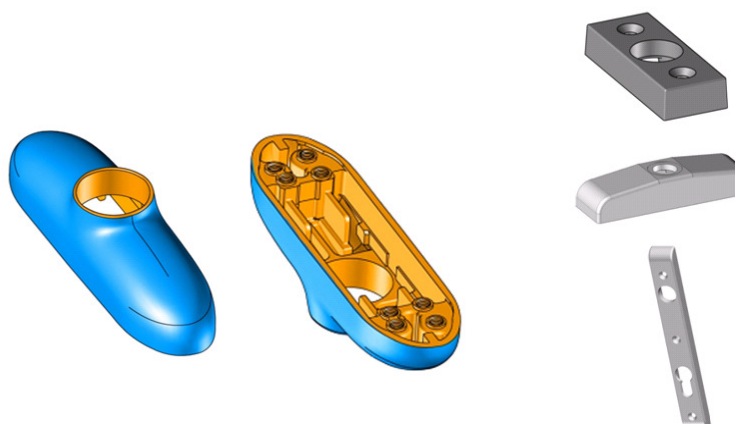
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

6.1. Bases

Bases



Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

6.2. Manípulos de janela e de porta

Window and door handles



Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

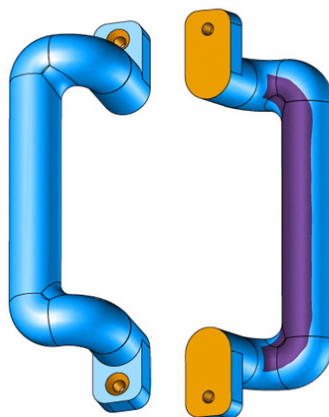
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

6.2.1 Manípulos de porta (exceção)

Door handle (exception)



Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

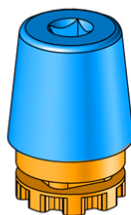
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

6.2.2 Manípulos de janela (exceção)

Window handles (exception)



Sobinco
OPENS YOUR LIFE

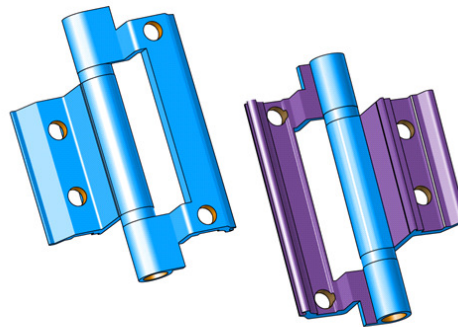
Description :

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

6.3 Dobradiças Hinges



Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

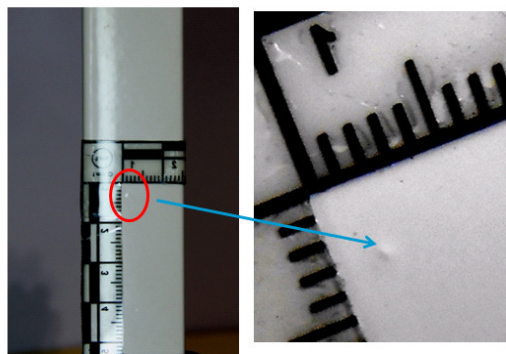
- **Zona visível** : aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side**: is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível**: é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible**: is accepted if you don't feel it when using the product.

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.1 Lixo Inclusion




NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted if you don't feel it when using the product.

Nota: em caso de dúvidas consultar a IT041
Note: in case of doubt check IT041

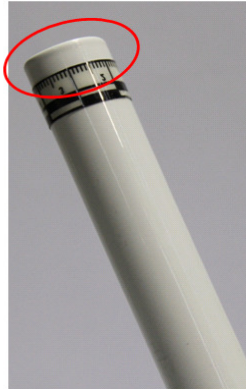
 Documento do
osoft Office Word 5

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.2 Excesso de tinta:escorrido Overpainted: drained




NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted if you don't feel it when using the product.

Nota: em caso de dúvidas consultar a IT041
Note: in case of doubt check IT041

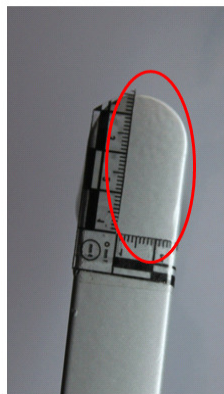
 Documento do
osoft Office Word 5

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.3 Excesso de tinta:casca de laranja Overpainted: orange peel




NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível :** aceite se o material base estiver completamente coberto (opaco), e se a cor estiver uniforme em toda a superfície e de acordo com os padrões de cor. **Visible side:** accepted if the base material is completely covered (opaque), and if the color is uniform across all the surface and according to the color standards.
- **Zona não visível:** aceite se o material de base estiver completamente coberto; alguma falta de uniformidade na cor é admissível. **Not visible:** is accepted if the base material is completely covered; some no uniform color is acceptable.

 Documento do
osoft Office Word 5

Nota: em caso de dúvidas consultar a IT041
Note: in case of doubt check IT041

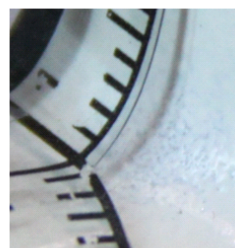
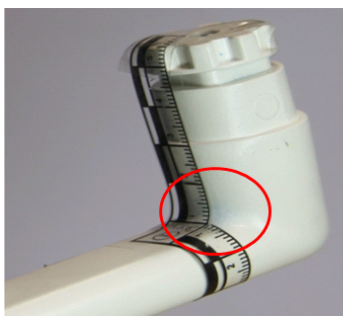
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.4 Falta de tinta:

Lack of paint



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível :** aceite se não se conseguir ver a distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it from a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted if you don't feel it when using the product.

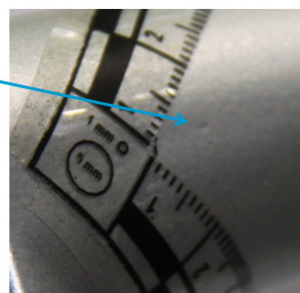
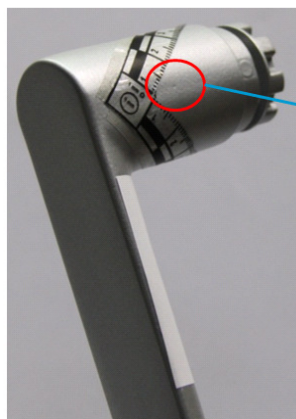
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.5 Mossa (pancada antes do acabamento)

Dint (knock before finishing)



NOK



Versie :

Description :

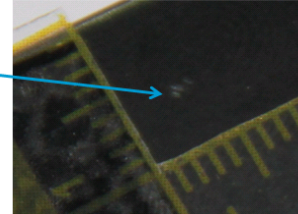
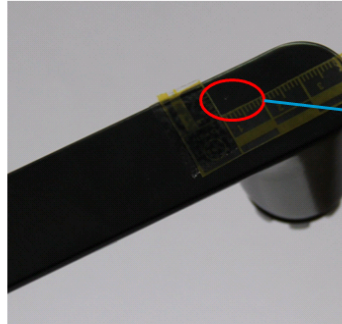
- **Zona visível :** aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible::**is accepted if you don't feel it when using the product.

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.6 Pancadas (pós acabamento)

Knocks (after finishing)



NOK



Versie :

Description :

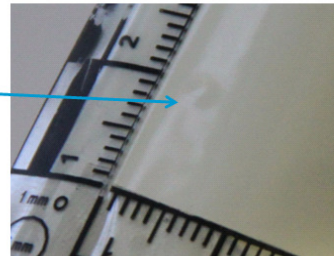
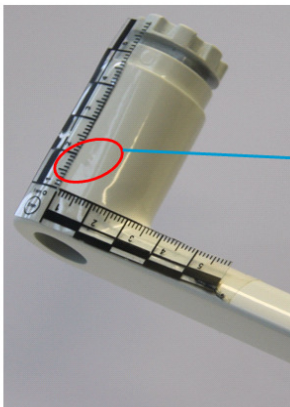
- **Zona visível :** aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible: is** accepted if you don't feel it when using the product.

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.7 Bolhas

Bubbles



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** é aceite se não for visível á distância de inspeção. **Visible side:** is accepted if you can not see it from a distance inspection.
- **Zona não visível:** não são aceites poros abertos nem poros que se sintam ao passar o dedo. **Not visible:** aren't accepted opened pores or that can be felt when using the product.

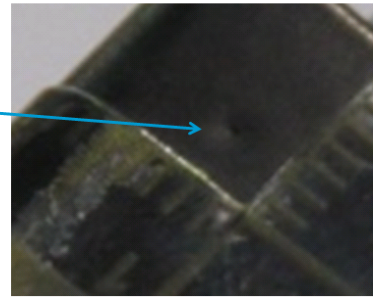
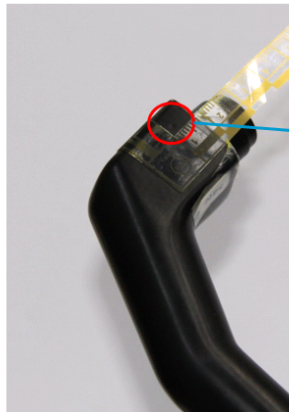
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.8 Poros

Porous



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível e não visível:** é aceite se não for visível á distância de inspeção e se não se sentir ao passar o dedo. **Visible side and Not Visible:** is accepted if you can not see it from a distance inspection and if you don't feel it when using the product.

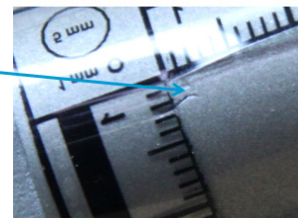
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.9 Mau enchimento

Bad filling (incomplete piece)



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** aceite se não se conseguir ver á distância de inspeção. **Visible Side:** is accepted if you can not see it form a distance inspection.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted if you don't feel it when using the product.

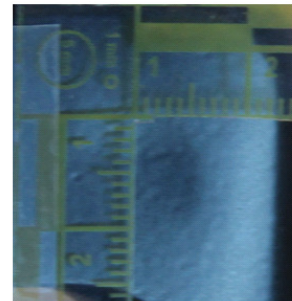
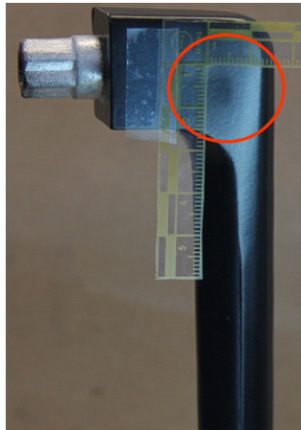
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.10 Rechupes

Shrinkages



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

- **Zona visível:** é aceite se não for visível á distância de inspeção e se não se sentir ao passar o dedo. **Visible side:** is accepted if you can not see it from a distance inspection and if you don't feel it when using the product.
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar ao passar o dedo. **Not visible:** is accepted only if you don't feel it when using the product.

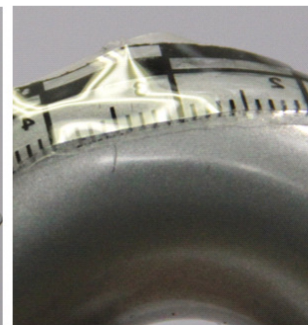
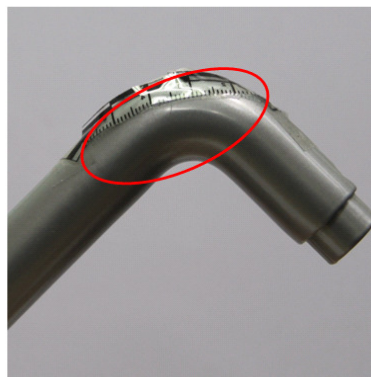
Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.11 Esmerilagem(Facetar):

Grinding faults (Flat surface – wrong shape)



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

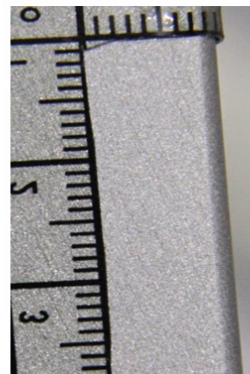
- **Zona visível:** é aceite se não for visível á distância de inspeção e se não se sentir ao passar o dedo. *Visible side: is accepted if you can not see it from a distance inspection and if you don't feel it when using the product.*
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar ao passar o dedo. *Not visible: is accepted only if you don't feel it when using the product.*

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.12 Esmerilagem(Riscos da lixa): Grinding faults(Lines of Sandpaper)



NOK

Sobinco
OPENS YOUR LIFE

Description :

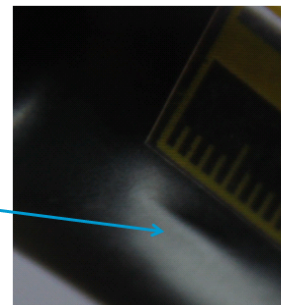
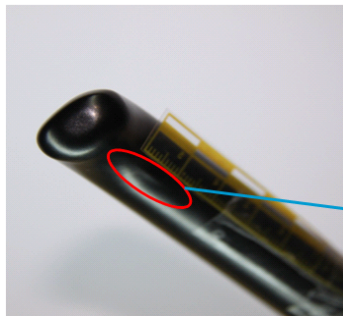
- **Zona visível:** é aceite se não for visível á distância de inspeção e se não se sentir ao passar o dedo. *Visible side: is accepted if you can not see it from a distance inspection and if you don't feel it when using the product.*
- **Zona não visível:** é aceite se não se sentir ao passar ao passar o dedo. *Not visible: is accepted only if you don't feel it when using the product.*

Versie :

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.13 Esmerilagem(Linha de separação): Grinding faults(Separation Line)



NOK



Description :

- **Zona visível e Zona não visível:** é aceite se não for visível à distância de inspeção. **Visible side and Not visible side:** is accepted if you can not see it from a distance inspection

Versie:

QUALIDADE E CRITÉRIOS DE INSPEÇÃO

QUALITY AND INSPECTION CRITERIA

7.14 Gota (Mancha de plaforização)

Spot from pretreatment



NOK

9 ANEXO C: Plano de Amostragem para Inspeção Severa

Tamanho do Lote	Tamanho da Amostra	Número de Aceitação
2-150	8	0
151-1200	32	1
1201-3200	50	2
3201-10000	80	3
10001-35000	125	5
35001-150000	200	8
150001-500000	315	12
≥ 500001	500	18

10 ANEXO D: Dados para Carta de Controle

Amostra	Peça	Tamanho da amostra	p	$(p-\hat{p})/\sigma$
1	MAN.30900-650.2	535	0,07	-5,52401
2	MAN.30900-650.2	459	0,17	0,774663
3	MAN.30900-650.2	590	0,15	-0,45758
4	MAN.30900-650.2	720	0,35	14,25161
5	MAN.30900-650.2	472	0,08	-4,59117
6	MAN.4000-217.2	410	0,12	-1,63481
7	MAN.4000-217.2	140	0,14	-0,29023
8	MAN.4000-219.2	172	0,07	-0,82277
9	MAN.4000-219.2	98	0,08	-0,27116
10	MAN.30900-650.2	50	0,18	-0,0529
11	MAN.4000-219.2	104	0,13	1,52287
12	MAN.30900-650.2	115	0,13	-1,46724
13	MAN.4000-217.2	87	0,31	4,227544
14	MAN.4000-217.2	144	0,17	0,717397
15	MAN.4000-219.2	96	0,06	-0,96099
16	MAN.4000-219.2	163	0,02	-3,05719
17	MAN.30900-650.2	888	0,1	-6,38972
18	MAN.30900-650.2	611	0,18	-0,18492
19	MAN.4000-219.2	140	0,14	2,185092
20	MAN.30900-650.2	55	0,09	-1,78206
21	MAN.30900-650.2	223	0,1	-3,20205
22	MAN.30900-650.2	122	0,18	-0,08263
23	MAN.4000-217.2	141	0,15	0,042449
24	MAN.4000-217.2	100	0,1	-1,36946
25	MAN.4000-219.2	92	0,02	-2,2968
26	MAN.4000-219.2	173	0,08	-0,36028
27	MAN.4000-219.2	113	0,2	4,217403
28	MAN.30900-650.2	50	0	-3,34536

11 ANEXO E: Gráficos de Pareto para as peças críticas

